



HAL
open science

Projet scientifique du DIM PAMIR

Loïc Bertrand, Laurent Romary, Isabelle Rouget, Ariane Thomas, Laurence de Viguerie, Sophie David

► **To cite this version:**

Loïc Bertrand, Laurent Romary, Isabelle Rouget, Ariane Thomas, Laurence de Viguerie, et al.. Projet scientifique du DIM PAMIR. 2022. hal-04255210

HAL Id: hal-04255210

<https://hal.science/hal-04255210>

Submitted on 23 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Projet scientifique du réseau PAMIR

Septembre 2022

AUTEURS : Loïc Bertrand (PPSM ; ENS Paris-Saclay, CNRS), Laurent Romary (Almanach ; Inria), Isabelle Rouget (CR2P ; MNHN, Sorbonne Université, CNRS), Ariane Thomas (Proclac ; CNRS, Collège de France, EPHE & Musée du Louvre), Laurence de Viguerie (LAMS ; CNRS, Sorbonne Université) – porteurs scientifiques, Sophie David (PPSM ; CNRS, ENS Paris-Saclay), responsable administrative

RESUME

L'Île-de-France concentre une recherche de haut niveau en archéologie, histoire de l'art, histoire matérielle, paléontologie et environnements anciens, articulée avec les sciences expérimentales et numériques. Ce projet se propose de faire converger d'une manière inédite ces activités pour en déployer tout le potentiel de développement scientifique, socio-économique et technologique. Il part d'une hypothèse forte, la nécessité de dépasser une série d'oppositions traditionnelles, nature/culture, matériel/immatériel, science/art, passé/futur, pour répondre aux défis contemporains. Le patrimoine, pris sous tous ses angles, est en effet un terrain unique pour se projeter dans le futur à partir d'expériences et de problématiques venues du passé, en termes de durabilité, de vulnérabilité, de relation entre l'homme et son milieu, de création artistique et technique ou d'interdisciplinarité. Il permet de définir des formes de collaboration innovantes entre scientifiques et acteurs socio-économiques, en incluant de nouveaux acteurs numériques, des musées, des institutions culturelles et artistiques, et des industriels. En suscitant un nouvel écosystème de recherche fondamentale et appliquée, mais aussi de valorisation, les patrimoines matériels se révèlent ainsi un réservoir inestimable de ressources pour penser une innovation scientifique, technique, économique, artistique qui s'appuie sur la résilience dans la longue durée des formes, des objets et, plus largement, des sociétés.

CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Objectifs scientifiques du réseau

Domaine proposé et objectifs scientifiques du réseau. Le projet de DIM « Patrimoines matériels – innovation, expérimentation et résilience » (PAMIR) rassemble un réseau francilien interdisciplinaire de plus de 930 scientifiques, en archéologie, paléontologie, histoire de l'art, histoire, histoire des archives et de la conservation-restauration du patrimoine, mais aussi en sciences de la nature (physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre) et en sciences des données (mathématiques, statistiques, informatique). Ce projet vise à faire émerger des formes inédites de valorisation sociale, environnementale et économique, en connectant musées, entreprises, écosystème francilien de la création et de l'artisanat, universités et laboratoires autour des questionnements de recherche fondamentale et de recherche appliquée aux collections et problématiques patrimoniales¹. Il pourra s'appuyer sur les avancées remarquables permises

¹ Council of Europe. *Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society*. Treaty 199. 2005. URL :

par l'identification graduelle de ces potentialités au cours des dernières années par de vastes projets de recherche nationaux (notamment les programmes LabEx PATRIMA, Equipex PATRIMEX et Equipex+ ESPADON) et européens impliquant la participation d'acteurs franciliens. À un moment clé où le potentiel de développement de ces thématiques à l'international s'accroît, notamment via l'identification du patrimoine, culturel comme naturel, en tant qu'axe de recherche clé du programme-cadre européen Horizon Europe, cette proposition cherche à franchir une étape supplémentaire. Il s'agit de consolider l'Île-de-France comme leader mondial non seulement du point de vue quantitatif (nombre de chercheurs, d'instruments, de laboratoires et d'institutions), mais aussi qualitatif : (a) en construisant des modes de fonctionnement collaboratifs novateurs, et (b) en se dotant d'équipements et de plateformes partagées basés sur des concepts innovants, au croisement des sciences de l'homme, de la nature et des données, transposables dans d'autres domaines du savoir, de la recherche et de l'entrepreneuriat, en relation directe avec la société et les problématiques environnementales². Les sciences du patrimoine sont ainsi au cœur des enjeux de durabilité et de résilience, et la Région est l'échelle idéale pour le développement innovant de ces projets³.

État de l'art, enjeux scientifique et sociétal du domaine. Le potentiel de l'espace francilien dans le domaine des patrimoines matériels situe la Région au premier rang mondial⁴. Elle réunit à la fois des collections d'histoire naturelle et culturelle d'une richesse et d'une concentration uniques au monde (Muséum national d'histoire naturelle au Jardin des plantes et au musée de l'Homme, musées du Louvre et d'Orsay, centre Pompidou, bibliothèque nationale de France, etc.)⁵ et des laboratoires parmi les plus importants dans le domaine de la recherche en archéologie, en paléontologie, en histoire de l'art et sciences de la conservation, associés aux universités, aux grands organismes de recherche et au ministère de la Culture. La notion d'écosystème est la plus appropriée pour le qualifier : il est constitué d'entités diverses (en nature et en taille) – des laboratoires et structures de recherche, des acteurs socio-économiques diversifiés – entretenant des relations dans le temps *de facto* variées (du fait des disciplines, des compétences requises, des dispositifs utilisés, des objectifs des projets, etc.), des relations dont nous voulons encourager le caractère collaboratif, associant l'ensemble des territoires engagés et les partenaires internationaux. La France entend jouer un rôle majeur dans la mise en place de l'infrastructure européenne E-RIHS⁶ (*European research infrastructure for heritage science*).

Le projet PAMIR fait notamment suite à la labellisation sur la période 2017–2021 d'un réseau d'acteurs publics de la recherche portant sur les « Matériaux anciens et patrimoniaux ». Cette labellisation a

<https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/199>.

² Sonkoly G., Vahtikari T., *Innovation in Cultural Heritage Research. For an integrated European Research Policy*. Policy Document. OCLC: 1039729831. Brussels, BE, Jan. 2018. DOI : 10.2777/673069

³ Il faut souligner que le projet d'un PEPR « Patrimoines du Futur » n'a pu voir le jour du fait d'un « vice de forme » concernant les compétences respectives du ministère de la Culture et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Loin d'être un épiphénomène, ceci nous montre les difficultés à construire des dispositifs nationaux liés à un patrimoine à l'échelle locale, ce que la Région et ses acteurs ont su faire depuis 2017. De ce fait, les seules actions validées du Plan de Relance dans le périmètre concernent les « solutions de billetterie innovante », les « alternatives vertes », l'« expérience augmentée du spectacle vivant », et la « numérisation du patrimoine et de l'architecture », loin des ambitions de recherche transformantes du présent projet.

⁴ Synthèse des stratégies régionales de l'innovation en vue de la spécialisation intelligente des régions françaises, Commissariat général à l'égalité des territoires, juil. 2015.

⁵ À noter que cet écosystème est d'une très grande richesse et diversité : sites, monuments, musées majeurs, patrimoine scientifique et technique, etc. Par ailleurs la Région comprend le plus grand nombre de maisons d'artistes patrimoniaux (réseau des « Maisons des illustres »), souvent au plus proche des habitants de la Région.

⁶ Bertrand L., Anglos D., Castillejo M., Charbonnel B., David S., *et al.* D.9.3 E-RIHS Scientific Strategy v. 1.0. [Research Report] European Commission. 2020. (hal-02946664)

constitué la première initiative structurante et demeure unique à l'échelle nationale ou européenne, qui ne dispose de rien d'équivalent. Ce réseau a particulièrement bien fonctionné et a contribué à identifier l'ensemble du sillage interdisciplinaire scientifique qui relève des sciences du patrimoine. Le DIM « Matériaux anciens et patrimoniaux » a comporté une forte dimension réflexive, facilitant l'identification du nouvel horizon qualitatif du présent projet. En effet, non seulement le réseau a doublé de taille, ce qui montre la force de la dynamique enclenchée et suscite de nouveaux besoins, mais surtout, cette évolution conduit à la nécessité de refonder, à partir des questions de méthodes, la recherche et son articulation dans le domaine patrimonial. Dans ce sillage, les nouvelles universités fédérées ont mis en place des structures transverses ayant un rôle rassembleur en sciences du patrimoine à l'échelle de ces universités, comme l'observatoire OPUS à Sorbonne Université, ou les objets interdisciplinaires Palabre et 2IM à l'Université Paris-Saclay.

Il est urgent d'intégrer dans ces recherches les enjeux les plus actuels de la construction du savoir : la pleine reconnaissance du secteur socio-économique comme un acteur-clé du dispositif, l'essor du numérique, non seulement comme ressource, mais comme point de vue sur les matériaux, le développement de l'instrumentation portable et connectée, la place nouvelle des problématiques de science ouverte, la formation à la recherche patrimoniale et *par* la recherche patrimoniale des étudiants, la structuration institutionnelle. Des enjeux essentiels comme celui de l'accès partagé aux ressources disséminées sur le territoire (équipements, collections de référence), d'opérations de sauvegarde du patrimoine en péril, de développements de formations universitaires et de mise à disposition de contenus adaptés à de jeunes élèves (niveau lycée) sont atteignables pendant le projet PAMIR. Il convient enfin de préparer la jeune génération aux enjeux du programme Horizon Europe⁷ (2021–2027) et à mieux internationaliser ce qui fait l'excellence de nos recherches et de nos formations, notamment avec l'ouverture du recrutement de doctorants et de post-doctorants à l'international via les procédures HRS4R mises en place par les établissements recruteurs.

Réussir cette transformation requiert de construire un nouveau rapport à la recherche scientifique et à sa valorisation autour des patrimoines matériels. En effet, l'étude de ces systèmes permet de franchir trois frontières au cœur des problématiques sociétales contemporaines :

1. La frontière qui sépare nature et culture, dont on voit bien qu'elle est aujourd'hui remise en cause tant par les évolutions en sciences humaines et en sciences expérimentales, que par les problématiques socio- environnementales contemporaines, facilitant ainsi la circulation des concepts et des modèles entre les différents domaines scientifiques, au service d'une meilleure compréhension d'un monde interdépendant,
2. La frontière entre le matériel et l'immatériel, profondément transformée par le renouvellement des méthodes interdisciplinaires, l'interpénétration des études entre les pratiques et les objets qui en sont les supports, et une révolution numérique dont les enjeux sont particulièrement visibles dans le domaine patrimonial, jusqu'à la patrimonialisation des données numériques,
3. La frontière entre le passé et l'avenir, séparés par la mince ligne que constitue le présent, dont l'identité collective et politique s'appuie largement sur la transmission d'un ensemble d'artefacts et d'écofactes à travers le temps : les incertitudes du présent sont en effet largement liées à un rapport troublé au passé et à l'avenir, et un retour critique sur les formes de transmission patrimoniale serait une contribution scientifique majeure aux sociétés contemporaines.

En aidant la communauté scientifique, mais aussi la société dans son ensemble, à s'interroger sur ces trois

⁷ Horizon Europe, [Cluster 2 « Culture, créativité et société inclusive »](#), Section 2 – Patrimoine culturel européen et Industries culturelles et créatives, 2020.

frontières, et à inventer de nouvelles solutions aux défis qu'elles représentent, les systèmes patrimoniaux offrent donc une opportunité unique : ils nous confrontent à la question de la durabilité aux différentes échelles de temps, des matériaux, des sociétés, de leurs symboles mais aussi de leur inscription concrète. Le travail sur les patrimoines, plus que tout autre, permet de documenter, de protéger et transmettre, et d'innover, en pensant la vulnérabilité, la réversibilité, la crise et la transformation, la résilience et l'adaptation, les traces et la transmission, l'inspiration du passé et l'invention de l'avenir. À ce titre, le projet est aujourd'hui porteur d'une capacité de généralisation à l'échelle de l'ensemble de la société : il ne s'agit donc plus seulement de construire un réseau large et performant, mais aussi de l'orienter vers de nouvelles frontières nourries par des interrogations sur la fragilité de notre monde, humain et non-humain, et sur notre capacité à en accompagner les évolutions, les développements environnementaux, sociaux, et économiques mais aussi à les maîtriser dans une approche écosystémique et pluri-acteurs. La parole scientifique, les espaces des musées, les sites patrimoniaux et les institutions culturelles permettent de porter ces débats et les avancées scientifiques au contact des publics, avec une résonance à l'échelle internationale.

Cinq transitions majeures et structurantes

Le dépassement de ces frontières qui sont autant de verrous doit s'opérer à travers la réalisation de **cinq transitions majeures et structurantes** :

- 1. Créer une nouvelle interface entre recherche et innovation socio-économique.** Le réseau francilien de recherche dans le domaine des systèmes patrimoniaux apparaît comme l'un des principaux champs de recherche connectés au tissu socio-économique⁸. Alors que ce domaine reste mal identifié, à côté d'industries plus « localisées » ou traditionnelles, structurées autour de très grandes entreprises et mieux représentées institutionnellement, l'Île-de-France est au premier plan mondial⁹ : design, arts vivants, muséographie, data visualisation, industries culturelles et créatives, expertise et conservation-restauration du patrimoine¹⁰. Cette créativité concerne aussi l'instrumentation et les sciences de la matière, comme dans le cadre d'innovations « paléo-inspirées », pour fabriquer des matériaux de demain. Il s'agira d'inclure l'ensemble de ces acteurs industriels mais surtout d'étendre la définition même de l'« innovation socio-économique en sciences humaines et sociales » à ces filièresentières.
- 2. Développer de nouvelles classes d'instruments.** Deux orientations très innovantes sont ici proposées : (1) soutenir le développement de nouveaux instruments physiques, chimiques ou numériques spécifiquement adaptés au champ du DIM : outils de relevé et de diagnostic sur le terrain, drones, référentiels matériels partagés, bases de données de référence, outils de conservation préventive, impression 3D, équipements dédiés à la sauvegarde du patrimoine en péril, etc., et (2) développer des équipements de rupture, qui n'existent pas « sur étagère », inspirés des besoins des différents terrains, notamment de nouveaux outils d'imagerie hyperspectraux à large bande couplés à des capacités de traitement statistique. Les dimensions méthodologiques et d'innovation seront ici particulièrement recherchées. Une meilleure structuration et visibilité à l'échelle internationale sera obtenue par le soutien à des développements concertés à l'échelle régionale (Cf. Projets structurants et

⁸ Près de 30% des projets soutenus par le DIM Matériaux anciens et patrimoniaux associaient au moins un acteur socio-économique [Données du DIM Matériaux anciens et patrimoniaux, en cours de publication, 2021].

⁹ Ainsi les thématiques culturelles font partie des cinq « fonctions métropolitaines » qui singularisent la Région Île-de-France à l'échelle nationale (*Synthèse des stratégies régionales de l'innovation en vue de la spécialisation intelligente des régions françaises*, Commissariat général à l'égalité des territoires, juil. 2015).

¹⁰ Cf. l'enquête « Recherche et restauration » menée par B. Jouvès-Hann au 1er semestre 2021. Voir Jouvès-Hann B., Rapport « Recherche et restauration », ENS Paris-Saclay / Université Paris 1 Sorbonne, 2021.

Projets d'intérêt collectif franciliens).

3. **Donner une place centrale aux outils numériques.** Les instruments modernes d'analyse, en raccourcissant les temps d'acquisition, génèrent désormais des quantités massives de données, qui viennent compléter les données recueillies par les sciences humaines et sociales sur le patrimoine. Les analyser nécessite de convoquer ici les mathématiques et les humanités, pour développer des modèles, classifier, fusionner les données. Un enjeu majeur est de construire les croisements entre données quantitatives et données qualitatives, à partir d'approches d'optimisation ou de résolution de problèmes inverses sous la contrainte statistique des paramètres sociaux ou environnementaux, en montrant comment le numérique constitue un carrefour interdisciplinaire. Le numérique vient aussi avec son impact environnemental, que la réflexion à l'échelle régionale peut mieux affronter par des synergies conjointes de choix d'équipement et de stratégies logicielles. Il s'agira pour le DIM de soutenir le développement collectif d'outils pour piloter les équipements, recueillir des données, naviguer en temps réel dans les données en cours de collecte, ou les analyser finement.
4. **Organiser les communautés à partir de méthodes de recherche mobilisant les pratiques de science ouverte.** La question essentielle est ici celle de la documentation de la donnée : quelles sont les métadonnées qui comptent ? Et dans quels contextes ? Pour apporter quels types d'arguments ? Pour répondre à quelles hypothèses ? Ces questions, sans réponse jusqu'à maintenant – mais on peut observer les pratiques – ouvrent de nouvelles perspectives de recherche, dans lesquelles, en termes de science ouverte, il apparaît que la « preuve », en SHS comme dans les sciences des matériaux appliquées au passé, repose moins sur la question de la reproduction de l'expérience que sur la cohérence interne des éléments individuels du processus scientifique. Ainsi, les aspects fondamentaux que posent la transition numérique seront soutenus : documenter pour assurer la traçabilité, fouiller les données, stocker de façon accessible et/ou pérenne données et logiciels, intégrer la réflexion sur les formats et les standards pouvant contribuer à générer un véritable patrimoine numérique dans le domaine des systèmes anciens. Cette transition s'appuiera sur les Projets structurants et sur les jeunes scientifiques du DIM : ils seront formés, puis le DIM soutiendra leur rôle « d'ambassadeur » auprès de leurs collègues.
5. **Accompagner la structuration institutionnelle du champ à multi-échelle** à travers des outils de pilotage institutionnels qui seront mis à disposition de la Région et des opérateurs de recherche : mise en place de cartographies dynamiques des ressources matérielles et humaines du territoire, cartographie des prospectives en termes de compétences et de nouvelles sources d'emploi, travail d'intérêt collectif sur des indicateurs bibliométriques interdisciplinaires co-construits. L'échelon régional revêt ici toute son importance, car il rassemble ce que les logiques locales ou de site ont parfois divisé. La structuration peut alors être élaborée de manière collective, ce qui est une condition nécessaire de sa pertinence et de sa réussite. Les sciences du patrimoine apparaissent aussi comme un endroit où des démarches emblématiques d'organisation de communautés pluri-centrées peuvent être pensées et leur pilotage doté d'outils adéquats pour les politiques publiques.

1.2. Principaux axes de recherche

La mise en œuvre de ces transitions majeures s'appuie sur une organisation matricielle de la recherche, croisant systématiquement des approches méthodologiques et des approches thématiques. Les quatre axes méthodologiques privilégient les dimensions les plus novatrices de la recherche contemporaine dans l'instrumentation, le numérique, l'étude des mécanismes de patrimonialisation et celle des processus d'altération. Les trois axes thématiques mettent en avant les terrains d'enquête les plus significatifs actuellement : les objets, leurs usages et leur circulation ; le rapport entre matérialité, climat et environnement ; l'articulation entre création, art et matière. Chaque projet développé dans le DIM devra

ainsi se positionner à un carrefour entre méthode et terrain, contribuant ainsi à donner corps aux transitions décrites plus haut.

A. Axes méthodologiques

A.1. Innovations instrumentales et expérimentales. Les objets du patrimoine sont souvent de composition complexe et hétérogène à toutes les échelles. Cet axe visera à soutenir les développements instrumentaux et expérimentaux portant sur l'observation, l'identification et la classification des matériaux par leurs propriétés physico-chimiques (imagerie et imagerie spectrale, datation, modélisation des propriétés des matériaux...). Ces méthodes participent de la recherche sur les processus de conservation-restauration, de documentation, ou d'authentification des objets. Les approches multi-échelles (micro-, méso- et macroscopique) seront encouragées. Cet axe soutiendra le développement d'instruments portables utilisables sur le terrain (analyse physico-chimique, relevé de terrain, réseaux de capteurs sur site, études aériennes à l'aide de drones, prospection sur site, imagerie...), pour certains opérés directement par les professionnels du patrimoine, autour de chaînes de caractérisation clairement définies, et réévaluées au fur et à mesure de leur avancement. Des techniques émergentes seront soutenues pour l'analyse de matières organiques anciennes et fossiles à partir de séquençage ADN, d'analyse protéomique et de méthodes séparatives, où les capacités franciliennes seraient à fortement consolider. Enfin cet axe s'attachera à renouveler des travaux portant sur la caractérisation mécanique des matériaux ; celle-ci joue en effet un rôle critique dans la compréhension des processus d'altération (fissuration, détachement...) ou dans l'identification des marques laissées par les pratiques artistiques et techniques. Cette nouvelle interface sera source potentielle de partenariats approfondis avec des entreprises franciliennes du BTP et de mécanique.

A.2. Données et méthodes numériques. Cet axe a pour but de soutenir l'étude des patrimoines matériels par le développement de méthodes originales, tant en mathématiques qu'en sciences de l'information. Il s'agit d'abord de rendre intelligible l'ensemble des données, qualitatives et quantitatives, décrivant les systèmes complexes étudiés : transformation et représentation d'ensembles de données, en particulier pour proposer une contextualisation croisée des observations combinant à la fois des mesures multimodales et l'étude de cohortes d'échantillons. Les domaines du traitement de signal/image, des statistiques et de l'apprentissage seront mobilisés. Il s'agit aussi de concevoir des modèles, qu'ils soient conceptuels, statistiques ou encore mécanistiques, qui seront alimentés par les ensembles de données ouvertes par et pour les membres du DIM. Le réseau développera méthodes et outils pour le partage des données produites, pour l'intégration, l'exploration, la visualisation, et l'enrichissement des jeux de données et des collections d'objets étudiés. L'ensemble des travaux s'enrichira des problématiques et des pratiques des champs thématiques soutenus par le DIM, chacune de ces contraintes étant une source d'originalité dans les méthodes développées. Une attention particulière sera portée à l'articulation avec les autres axes méthodologiques. Ainsi, les interactions avec l'axe « Innovations instrumentales et expérimentales » permettront de proposer de nouvelles modalités grâce au développement conjoint de l'instrument et de l'exploitation des mesures. Celles avec l'axe « Pratiques patrimoniales et histoire des collections » participeront à la levée des verrous en sciences de l'information, en matière de création de référentiels descriptifs communs, d'indexation simultanée des métadonnées et des contenus, avec, *in fine*, la mise en place de processus inscrits dans des pratiques de science ouverte.

A.3. Pratiques patrimoniales et histoires des collections. Le DIM financera des initiatives à même d'encourager la communauté des sciences du patrimoine à adopter une attitude toujours plus réflexive sur

ses savoirs, ses pratiques et ses instruments afin de développer, au contact de la sociologie, de l'épistémologie, de l'anthropologie, de l'histoire des collections et de la restauration, la capacité d'explicitation de ses résultats comme le produit de choix et d'interactions, et à les intégrer à la valorisation muséographique des objets patrimoniaux. Loin d'être seulement nécessaire pour le travail scientifique, la mise en évidence de la complexité du statut de ces objets est encouragée par de nouvelles exigences de la part du public et des institutions elles-mêmes. La réflexion sur la restitution des œuvres spoliées, la problématique des patrimoines en péril et la fermeture des institutions durant la crise sanitaire mondiale ont incité à accroître l'accessibilité numérique aux œuvres et aux documents. L'émotion suscitée par la destruction de vestiges patrimoniaux a engendré une réflexion sur les modalités de reconstruction et sur les impératifs de documentation préventive des collections des musées et du patrimoine mobilier et monumental. Enfin, des restaurations d'œuvres de renommée mondiale font l'objet d'une large médiation, à la fois virtuelle et réelle. Les réponses à ces problématiques patrimoniales sont le fruit de réflexions internationales et interdisciplinaires associant observation et action *in situ*, recherches théoriques et documentaires ainsi que mise en œuvre d'outils numériques permettant de stocker et de rendre disponible une information complexe et évolutive. Le travail mené dans cet axe permettra de développer une réflexion sur les processus de patrimonialisation, en particulier sur la conservation et la visualisation des données, essentielles pour une valorisation durable des objets patrimoniaux et du travail scientifique qui les éclaire et les protège.

A.4. Diagnostic, prévision du comportement et stratégies de remédiation. Le devenir d'un objet, quelles que soient sa taille (nanométrique à monumentale), son origine et sa nature chimique (minérale, organique, métallique ou hybride) est d'évoluer irrémédiablement en fonction du temps et de l'environnement qui l'entoure. Le DIM encouragera des interactions fortes entre la mise en place des processus de conservation-restauration, et la recherche en amont autour des processus bio-physico-chimiques qui contrôlent les différents stades d'évolution des objets, de leur altération ou de leur fossilisation/minéralisation. L'axe favorisera l'articulation étroite entre diagnostic physico-chimique multi-échelles et mise en place de modèles conceptuels ou statistiques permettant une meilleure compréhension des phénomènes, au-delà de l'objet spécifique étudié. L'utilisation de modèle chimie-transport ou géochimique est une approche particulièrement adaptée pour étudier et prédire le comportement à plus ou moins long terme des matériaux du patrimoine, conduisant à la production d'outils d'aide à la décision pour scientifiques et professionnels du patrimoine. Il s'agira également de promouvoir une recherche « durable » autour des questions de conservation- restauration. À l'emploi de techniques non destructives ou non invasives utilisées en diagnostic répondra le développement de méthodologies de « restauration verte » respectueuse et protectrice de l'objet et de son environnement afin d'en perpétuer la longévité. Une attention particulière sera portée à l'étude de l'impact de l'environnement sur le comportement de matériaux sensibles, très réactifs aux variations climatiques, aux polluants ou à la lumière, dans l'objectif de mettre en place des stratégies de conservation préventive respectueuses des enjeux du développement durable et de remonter aux conditions atmosphériques du passé (polluants, etc.). Parce que chaque objet est porteur d'histoires à transmettre, des projets apportant des éclairages sur les causes, les mécanismes d'évolution et de conservation-restauration de ces objets patrimoniaux sont attendus dans cet axe.

B. Champs thématiques

B1. Objets : production, circulation, usages. Les objets, dans l'acception la plus large, qu'ils soient issus de l'art, de l'artisanat ou de l'industrie, donnent matière à une approche interdisciplinaire croisée, qui permet de préciser les techniques et les systèmes de production, de caractériser la qualité des matériaux, les

chaînes opératoires et les gestes, les modalités de transmission des savoir-faire et des savoirs techniques, les modes de circulation et les réseaux d'échanges ainsi que la géographie de leur diffusion. Ces objets sont aussi les résultats d'une histoire des pratiques et de différentes formes d'organisation sociale du présent comme du passé, qui s'appréhendent à différentes échelles de temps (court et long), et qu'ils documentent. L'étude de ces témoins matériels, en relation étroite avec des sources historiques, des lieux, des sites, des environnements et des acteurs, doit être menée aujourd'hui dans des perspectives multiscalaires et interdisciplinaires structurantes, croisant les sciences humaines, naturelles, expérimentales et numériques. La redécouverte de procédés anciens de manufacture des objets s'articule également avec la présence en Région Île-de-France d'un très large vivier d'artisans d'art et d'artistes (comme l'illustre le chantier scientifique de Notre-Dame de Paris), interface que le DIM cherchera à consolider par des appels à projet spécifique. De l'échelle du matériau à celle de l'objet, l'artefact patrimonial est en effet porteur de « paléo-inspiration », c'est-à-dire d'une capacité à inspirer de nouveaux procédés et de nouveaux matériaux, par l'étude détaillée de solutions apportées dans le passé et sélectionnées par le temps et les pratiques. En elle-même, la place des cultures matérielles dans nos sociétés est porteuse d'interrogations sur les pratiques, mais également sur les problématiques environnementales qu'elle soulève.

B.2. Enregistrements biologiques, climatiques et environnementaux anciens. Les fossiles et les roches sont une source inestimable d'informations sur l'histoire de la vie et l'évolution des environnements et climats de la Terre au cours des temps géologiques. Les signatures géochimiques, structurales et isotopiques des matériaux anciens permettent non seulement de faire progresser notre compréhension des débuts du vivant, des mécanismes de l'évolution des espèces et de la dynamique de la biodiversité mais également d'appréhender les changements climatiques et environnementaux locaux et globaux ainsi que leurs relations avec les écosystèmes et environnements. Cependant, ces *proxies* paléoclimatiques, paléoenvironnementaux et paléobiologiques ont été altérés par de multiples processus taphonomiques et sont souvent fragmentaires. Il s'agira donc de mieux contraindre les effets de ces processus par la mise en place d'approches expérimentales en parallèle de l'étude approfondie des archives continentales, lacustres, marines, etc. à différentes échelles spatiales et temporelles, y compris sur les périodes les plus récentes, si critiques au regard de l'« anthropisation de l'atmosphère et des environnements ». Dans ce contexte, l'étude des altérations du patrimoine bâti est essentielle, car elle permet de remonter aux évolutions environnementales (atmosphère locale, polluants) à l'échelle de quelques centaines d'années. Le DIM soutiendra ainsi des travaux portant sur l'amélioration de la lecture des enregistrements anciens (analyse fine d'échantillons de natures variées, détermination quantitative de leur composition organique/minéralogique, chimique ou isotopique, description statistique d'images 2D et 3D). Il soutiendra des recherches permettant de renforcer la robustesse des informations extraites des séquences géologiques et archéologiques, notamment par l'acquisition d'équipements de datation, d'imagerie, de taphonomie expérimentale, de minéralogie et de géochimie.

B.3. Matériaux artistiques : la fabrique de l'art. À la faveur du tournant matériel récent de l'histoire de l'art, l'historicité de la matière des œuvres s'affirme comme un terrain d'enquête partagé entre historiens, historiens de l'art, historiens des sciences, scientifiques et spécialistes des objets patrimoniaux (conservateurs, restaurateurs, experts). Une telle approche pluridisciplinaire associe expérimentations et caractérisation physico-chimique des matériaux à des savoirs immatériels, sources historiques, archives et tradition orale. On s'intéressera à l'importance des matériaux dans le processus de création artistique en croisant approches techniques, historiques et anthropologiques. Les analyses scientifiques menées en laboratoire sur les œuvres permettront de reconsidérer la fabrique de l'art et son devenir, à travers l'étude

des matériaux, de leurs propriétés, et des outils et des techniques de mise en œuvre. La modélisation et la simulation numériques des matériaux apporteront des informations complémentaires. Le projet s'intéressera à l'histoire matérielle des œuvres, liée aux aléas de leur vie sociale et de leur parcours, de leur réception et compréhension, et de l'environnement auquel elles ont été soumises. L'œuvre d'art qui nous parvient aujourd'hui est une véritable archive sur le milieu socio-économique et culturel qui l'a produite, et sur son évolution dans le temps – une archive qu'il s'agit de décrypter. L'étude conjointe des matériaux d'artistes et de la matérialité des œuvres renseigne alors sur les savoir-faire et pratiques artistiques : échanges et transmission des savoirs au sein des ateliers, mais aussi circulation des idées et des techniques. Le DIM sera aussi porteur de questions sur les représentations numériques des œuvres – qui se sont imposées pendant la crise sanitaire – c'est-à-dire ici les enjeux associés à la restitution de la matérialité d'une œuvre à travers ses représentations, mais aussi aux nouvelles formes désormais disponibles : expériences immersives, « reconstruction » de l'œuvre telle qu'elle était au moment de sa conception, accessibilité des œuvres disparues, etc. Enfin, cette réflexion sera mise en regard des processus créatifs contemporains et de leur attention à la matérialité, de manière à faire retour sur la fabrique d'un art vivant, projeté vers l'avenir.