

of 1908 » / (2/2) « Logistics and Museography »). Ses interventions sont disponibles en ligne sur son blog.

Une table ronde présidée par Philippe Saunier, conservateur en chef du patrimoine, service des musées de France, a regroupé un panel composé de Christophe Leribault, directeur du Petit Palais, Leila Sauvage, doctorante à Paris I Panthéon-Sorbonne / TU Delft / Rijksmuseum, ainsi qu'Olivia Voisin et Valérie Luquet, du musée des Beaux-Arts d'Orléans. Les intervenants ont échangé sur « "Le dessin et la couleur" : la place du pastel dans les musées », à partir d'études de cas sur la catégorisation historique des pastels comme dessins ou peintures dans leurs musées respectifs et les implications en termes de conservation et d'accrochage.

Les deux premières interventions de l'après-midi, présentées par Leila Sauvage, « Le transport des pastels : problèmes et possibles solutions », et Valérie Luquet, doctorante à Paris I Panthéon-Sorbonne, restauratrice pour les musées d'Orléans, et membre du comité d'organisation, « Le transport des pastels : retour d'expérience » ont concerné les conséquences du transport des pastels, œuvres éminemment fragiles, et détaillé leurs recherches en cours sur ce sujet d'importance.

Pour finir, trois intervenantes ont présenté des cas de restauration de pastels du XIX^e siècle : Paola Borghese, restauratrice à la Pinacoteca di Brera, à Milan, a décrit la restauration du *Pastel blanc* de Boldini (« The White Pastel of Boldini, Technique and Restoration ») ; Rosaleen Hill, directrice du programme de restauration de la Queen's University à Kingston, Canada, a présenté un traitement d'ampleur réalisé sur un pastel très endommagé d'Émile Lévy (« Friable Media and Gellan Gum: The Treatment of a Pastel by Emile Levy ») et Cécile Gombaudo, restauratrice française d'arts graphiques spécialisée en restauration de pastels, a présenté plusieurs cas de restauration d'œuvres datant de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle (« La restauration des pastels de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle : cas d'étude et aspects techniques »).

Le colloque a été suivi par de nombreux participants venus d'horizons variés : étudiants, restaurateurs, professionnels de musées, artistes notamment, non seulement français mais aussi italiens, allemands, suisses, anglais, américains et canadiens. Les communications ont présenté des sujets en lien avec les préoccupations actuelles, notamment au regard du nombre croissant d'expositions et du transport auxquels les pastels sont soumis, sans que nous soyons capables de déterminer précisément pour l'instant les implications sur ces œuvres d'art anciennes, fragiles et vulnérables.

Nano systèmes : recherches et applications sur le patrimoine culturel

Centro Conservazione e Restauro
La Venaria Reale, Venaria Reale,
Turin, Italie, 11-12 mai 2017

Antonio Mirabile*, Silvia Brunetti**

Disciplines peu connues nées il y a une quarantaine d'années, les nanosciences et les nanotechnologies ont connu une diversité et un développement tels que le mot *nanoscience* ne se réfère plus à des inventions individuelles, mais à la création et au développement de familles entières de technologies totalement nouvelles qui exploitent souvent les capacités auto-organisatrices de la matière et permettent la création de matériaux intelligents et fonctionnalisés. La particularité du monde nanométrique n'est pas seulement celle de l'échelle et de la taille, mais aussi des propriétés des nanomatériaux, qui sont complètement différentes de celles possédées par les mêmes matériaux lorsqu'ils sont considérés dans des échelles dimensionnelles plus élevées. Il en résulte de nouvelles propriétés physiques, chimiques, électriques, magnétiques et optiques, inhabituelles et non reconnaissables sur une échelle macrométrique.

Pour mieux faire connaître et maîtriser l'efficacité des nanomatériaux appliqués à la conservation-restauration du patrimoine culturel, le projet européen Nanorestart¹, qui court jusqu'à la fin de 2018, a organisé un colloque qui comportait des présentations orales et quatre formations pratiques.

Ouverture

Au cours de la première journée, Piero Baglioni (Unifi-CSGI, Florence), a évoqué ce que les nanosciences et les nanomatériaux ont apporté dans les vingt dernières années à la conservation-restauration du patrimoine culturel. Il a présenté un aperçu théorique sur les propriétés de gels chimiques², microémulsions et nanofluides, trois classes de matériaux hautement efficaces dans le nettoyage des œuvres d'art. En particulier, Piero Baglioni nous a présenté des hydrogels stables (à base de méthacrylate d'hydroxy-2 éthyle ou d'alcool polyvinylique), aux caractéristiques physico-chimiques exceptionnelles, qui ne laissent aucun résidu et peuvent transporter des fluides complexes mais spécifiques à un traitement de restauration, comme le nettoyage, puis être rincés et réutilisés à nouveau avec une autre émulsion. L'utilisation de tels gels nous a mis en garde, en filigrane, contre

* Restaurateur d'arts graphiques

** Restauratrice d'arts graphiques

les effets secondaires possibles des gels employés pour augmenter la viscosité d'un solvant, qui peuvent laisser des résidus, avec en corollaire l'apparition d'infestations fongiques ou d'autres formes de dégradation. Les expériences développées au CSGI à Florence ont permis de constater l'efficacité de ces matériaux, conçus pour la conservation-restauration du patrimoine culturel, ils ont fait l'objet d'une caractérisation structurelle et ont donné lieu à plusieurs publications scientifiques.

Recherche et analyse

David Chelazzi (Unifi-CSGI, Florence) a centré son intervention sur l'utilisation combinée de la microscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et du détecteur matriciel de plan focal qui permet l'acquisition simultanée de spectres spatiaux de haute résolution sur une grille de $n \times n$ pixels, chaque pixel correspondant à un spectre indépendant. C'est une technique qui peut être utilisée pour identifier les contaminants, à la surface d'une œuvre d'art, sur des zones relativement grandes (plusieurs mm), tout en conservant une résolution spatiale élevée. Cette technique a été employée pour contrôler la dégradation d'une œuvre d'art et l'efficacité des interventions de nettoyage réalisées principalement à l'aide de gels chimiques et de microémulsions.

Daniela Iacopino (Tyndall Institute, Cork) a proposé d'utiliser la diffusion Raman exaltée de surface (SERS) pour identifier les colorants des encres contemporaines comme l'encre des stylos à bille et des stylos-feutres. Cette technique analytique est particulièrement adaptée à l'analyse des encres contemporaines car elle ne nécessite pas d'échantillonnage et peut être effectuée de manière non invasive. La technique analytique a permis d'identifier les colorants de 18 stylos différents, elle a confirmé que souvent des mélanges de deux ou plusieurs colorants sont utilisés par les fabricants afin d'obtenir la couleur souhaitée, l'identification a été possible grâce à la synthèse d'une famille de nano matériaux réalisée dans les laboratoires du Tyndall Institute. Les résultats de ce travail sont un premier pas vers la création d'une base de données SERS de référence pour l'identification et la décoloration des colorants.

Consolidation et désacidification

Les dernières recherches concernant la désacidification des matériaux à base de cellulose ont été présentées par Rodorico Giorgi (Unifi-CSGI, Florence). Dans la suite du projet Nanoforart³, il a été démontré qu'il est possible d'obtenir des nanoparticules de $Mg(OH)_2$ et $Ca(OH)_2$. Elles peuvent être dispersées dans des solvants organiques (par exemple des alcools à chaîne courte ou du cyclohexane) et appliquées sur du papier pour obtenir une désacidification ou un contrôle du pH. À la différence des méthodes de désacidification aqueuses, les dispersions ne provoquent pas une dilatation des fibres de cellulose et ne modifient pas l'aspect des encres. Une dispersion de $Ca(OH)_2$ dans du cyclohexane a été employée pour désacidifier un ensemble de cent dessins par Stefano Arienti, en papier froissé, brûlé, cousu et perforé datant de 1980. Le traitement a permis de préserver totalement la topographie inhabituelle de cet ensemble.

Exposées par Giovanna Poggi (Unifi-CSGI, Florence), la consolidation et la désacidification du papier à l'aide de nanomatériaux est une belle illustration d'une méthode qui réunit deux traite-

ments de conservation en un seul. Plusieurs études ont récemment montré que la perte des propriétés mécaniques et l'acidité de la cellulose sont souvent liées. Les efforts de la recherche ont été consacrés au développement d'un matériau nanocomposé à base de nanocellulose et d'hydroxydes de métaux alcalino-terreux qui permette la consolidation avec l'adaptation concomitante du pH des œuvres d'art sur papier.

Une étude très intéressante sur l'emploi de nanomatériaux dérivés de la biomasse, tels que les nanocristaux et les nanofibrilles de cellulose, pour la consolidation des toiles du xx^e siècle a été conduite par Romain Bordes (Chalmers University of Technology, Göteborg). Après une introduction générale sur la nanocellulose, plusieurs résultats de laboratoire ont été présentés. On retiendra d'abord la possibilité de fonctionnaliser la nanocellulose en la rendant hydrophile ou hydrophobe avec, en corollaire, la possibilité de l'appliquer dans un système à base d'eau ou de solvant, sans oublier d'évoquer la grande ressemblance et compatibilité entre la nanocellulose et les matériaux constitutifs de la toile au point de laisser espérer, dans un futur très proche, l'emploi de ce matériau composite en tant que bonne alternative au rentoilage.

Fabiola Rocco (conservateur-restaurateur, Turin) a présenté une étude de cas singulier : la restauration d'une sculpture en papier mâché par l'artiste Sarah Lucas. À propos du traitement de conservation de cette sculpture, on retiendra l'exosquelette, inspiré de la chirurgie orthopédique, que Fabiola Rocco a utilisé pour reprendre les déformations et les systèmes à base de nanocellulose étudiés pour consolider les parties fragilisées.

Nettoyage

Après une brève introduction expliquant le côté expérimental de leur travail, Licia Triolo (Opificio delle Pietre Dure, Florence) et Roberta Genta (Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale, Turin) ont présenté les premiers jalons de leur recherche en cours sur l'utilisation de gels et nanofluides dans la restauration de textiles délicats, s'intéressant tout d'abord aux tissus coptes et à leur état cassant et fragmentaire et aux interventions de nettoyage de tissus brodés de fils métalliques. Elles ont rappelé en préalable l'importance d'utiliser des gels qui délivrent les fluides qu'ils contiennent d'une façon contrôlée et progressive afin d'éviter l'apparition de taches ou auréoles.

Luciano Pensabene Buemi (Collection Peggy Guggenheim, Venise) a présenté ses recherches dans le domaine du nettoyage des surfaces peintes contemporaines à l'aide d'hydrogels physiques à base d'eau. Les gels étudiés présentent une architecture de réseaux interpénétrés et comportent une grande quantité d'eau (autour de 90 %), ils ne relâchent aucun résidu sur l'œuvre d'art et permettent le processus de nettoyage de manière progressive et contrôlée. Après la réalisation d'échantillons de laboratoire, des gels chimiques, synthétisés à partir d'une base d'alcool polyvinylique et chargés d'eau ou de nanofluides, ont été étudiés et testés sur divers supports : huiles sur toile, toiles brutes, vernis de type vinylique, rentoilages à base de cire ou résine. Les résultats ont permis de nettoyer deux peintures importantes de la Collection Peggy Guggenheim : *Deux* de Jackson Pollock et *L'Atelier* de Pablo Picasso.

Yvonne Shashoua (National Museum of Denmark, Copenhagen) s'attaque à la gestion du vandalisme sous forme de graffitis sur les bâtiments et sur d'autres formes de street art. Les chemins de fer danois dépensent 3,5 millions d'euros chaque année pour combattre cette forme de dégradation. Les approches traditionnelles de l'élimination comprennent des détergents aqueux ou des solvants organiques pour dissoudre le composant organique combiné avec des techniques mécaniques. Bien que l'élimination des graffitis sur le patrimoine culturel représente des défis croissants, elle n'a fait l'objet que de moins de dix publications internationales. Yvonne Shashoua a testé l'efficacité des fluides nanostructurés, y compris les solutions micellaires et les micro émulsions, sur des œuvres vandalisées avec des graffitis comme la pierre de Jelling, la pierre tombale de Hans Christian Andersen et l'art urbain Jungle Boogie.

Antonio Mirabile (conservateur-restaurateur, Paris) a présenté les résultats de ses recherches sur le retrait de rubans autocollants surtout lorsqu'ils sont en contact avec des tracés artistiques comme le stylo-bille ou le stylo-feutre, deux médias artistiques extrêmement sensibles aux solvants utilisés jusqu'à aujourd'hui dans l'élimination des résidus d'adhésif. Il a proposé la possibilité d'utiliser des systèmes à base d'organogels chargés de solvants peu polaires comme le carbonate de diéthyle ou des hydrogels véhiculant une microémulsion dont le principe actif comporte environ 8 % d'acétate d'éthyle. Dans les deux cas, les gels possèdent la résistance mécanique requise pour éviter des résidus après le traitement et libèrent le produit qu'ils transportent de façon progressive et choisie. Microscopie confocale, SERS, IRTF, fluorescence, thermogravimétrie en dérivation et pH ont permis d'étudier le mécanisme de retrait des rubans autocollants et l'intégrité des éprouvettes avant et après traitement.

Revêtements protecteurs

La question de la conservation des sculptures, en plein air ou à l'intérieur des musées, composées de matériaux plastiques et d'alliages métalliques a été abordé par Marino Lavorgna (Unina, IPCB-CNR, Naples) et Gabriella Di Carlo (ISMN-CNR, Rome). Ces objets qui se dégradent rapidement ont besoin d'un revêtement de protection, si possible peu coûteux et respectueux de l'environnement. Gabriella Di Carlo a souligné que les matériaux de protection les plus efficaces actuellement utilisés pour la conservation des œuvres d'art à base de cuivre contiennent généralement du benzotriazole, toxique et probablement cancérigène, et nécessitent l'utilisation de grandes quantités de solvants organiques pour leur application et leur élimination. Les dernières recherches ont mis au point des revêtements protecteurs nanostructurés actifs. Ces matériaux sont appliqués et éliminés avec des solutions à base d'eau/éthanol et contiennent des inhibiteurs de corrosion partiellement confinés dans des nanostructures qui peuvent les libérer en présence de stimuli externes associés aux processus de corrosion.

Lucia Toniolo (Politecnico di Milano, Milan) et Francesca Gherardi (Politecnico di Milano, Milan), ont décrit les lignes générales du projet européen Nano-Cathedral⁴ dont l'objectif principal est de développer des matériaux nanostructurés et nanocomposites à utiliser comme revêtement protecteur ou consolidant de surface pour les matériaux en pierre naturelle. Le groupe de

recherche a développé des protéines photocatalytiques à base de nanoparticules de dioxyde de titane (TiO₂) qui ont été appliquées sur six lithotypes choisis parmi les pierres utilisées dans cinq cathédrales médiévales (Vitoria-Gasteiz, Gand, Cologne, Vienne et Pise) et dans un théâtre contemporain (Oslo Opera House). Les monuments choisis ont été considérés comme représentatifs des différentes conditions d'exposition et des environnements européens. Parallèlement aux tests de laboratoire pour évaluer leur efficacité, les protecteurs ont été appliqués *in situ* par des restaurateurs dans des zones pilotes. Les résultats sont encourageants mais pas encore complets.

Toxicité et écotoxicité

Compte tenu des nombreuses inconnues, il importe d'instaurer dans tous les environnements professionnels mettant en œuvre des nanomatériaux et tout au long du cycle de vie des produits, des procédures spécifiques de prévention des risques. Pour cette raison, Elena Semenzin (Université Ca' Foscari, Venise) a abordé les aspects critiques liés aux nanomatériaux et nous a dessiné la stratégie à adopter dans la conception et dans la production de nouveaux produits nanocomposés. Elle a défini avec précision les différents protocoles de protection environnementales et de santé humaine ainsi que les règles à suivre dans la production, la manipulation, l'utilisation et l'élimination de ces produits.

Quatre formations pratiques

Quatre formations pratiques ont été organisées pour permettre aux participants de se familiariser avec les nanomatériaux présentés. Les formations ont mis l'accent sur :

- les matériaux innovants pour le nettoyage des œuvres d'art : introduction pratique à l'utilisation de nouvelles classes de gel (Nicole Bonelli et Giovanna Poggi) ;
- l'utilisation de nanomatériaux pour le nettoyage de couches picturales : l'élimination de particules atmosphériques et de vernis non originaux sur les peintures du xx^e siècle (Luciano Pensabene Buemi et Maria Laura Petruzzellis) ;
- l'utilisation de nanosystèmes pour la restauration d'arts graphiques (Antonio Mirabile) ;
- l'application de matériaux de protection innovants à partir de solvants non toxiques pour la conservation-restauration d'alliages à base de cuivre (Gabriella Di Carlo et Stefano Lanuti).

Notons enfin que les résultats de ces recherches, soutenues par l'Union européenne dans son projet Nanorestart (H2020-NMP-21-2014/646063), seront intégralement présentés lors d'un colloque en novembre 2018 à Copenhague et les actes en seront publiés.

Notes

1. <http://www.nanorestart.eu/>
2. Pour en savoir plus sur les gels, les épaississants et les modificateurs de viscosité, consulter le site : <http://www.conservation-wiki.com/wiki/Gels>
3. <http://www.nanoforart.eu/>
4. <http://www.nanocathedral.eu/>