



Cahier d'été #3

L'art ET LA SCIENCE

**“Les SECRETS
cachés d'œuvres d'art”**



Le salon des fournisseurs
de matériels et services
pour le Laboratoire



Découvrez Les SECRETS cachés d'œuvres d'art

SOMMAIRE

Introduction	Page 3
SECRET : La Joconde Léonard de Vinci	Page 4
SECRET : Les peintures préhistoriques du Nord du Chili	Page 5
SECRET : Eliézer et Rebecca Nicolas Poussin	Page 6
SECRET : Les peintures murales égyptiennes Tombe thébaine de Menna	Page 7
SECRET : Les pigments bleus à l'époque de Napoléon	Page 8
SECRET : La Vierge de François 1 ^{er} (Copie sur porcelaine des peintures de Raphaël)	Page 9
Quizz scientifique	Page 10

L'art ET LA SCIENCE



Introduction

Les SECRETS cachés d'œuvres d'art

Depuis des années, la Science se met au service de l'Art pour défendre, soutenir, analyser et comprendre le travail des artistes et l'histoire matérielle des œuvres d'art. En collaboration avec le Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale de l'UPMC, **FORUM LABO vous invite pour cet été à découvrir des applications méconnues du travail de laboratoire.**

P Place à l'analyse physico-chimique !

Longtemps, des prélèvements ont été nécessaires pour pouvoir étudier les matières mises en œuvre par les peintres. De petites dimensions (environ un demi-millimètre de côté), ces échantillons étaient le plus souvent réalisés sur les bords du tableau, sous le cadre, et ne permettaient pas de révéler toute la sophistication des pratiques d'un Maître.

Aujourd'hui, la miniaturisation de l'instrumentation et le développement de nouvelles méthodes d'analyse permettent de concevoir autrement les études des chefs-d'œuvre. Grâce au soutien du domaine d'intérêt majeur *Analytics* de la région Ile-de-France, le LAMS construit un laboratoire mobile d'analyse et non invasive, associant des instruments disponibles chez les fournisseurs à des prototypes qu'il développe lui-même. En combinant des spectroscopies UV-visible, proche-infrarouge, moyen infrarouge, Raman aux fluorescence et diffraction des rayons X, les multiples données obtenues conduisent à l'identification des matières employées par le peintre, de leurs mélanges et superpositions.

En analysant les œuvres elles-mêmes, cette dimension matérielle de la création artistique se précise progressivement en faisant apparaître, chez certains Maîtres ou à certaines périodes, des innovations qui sont souvent à mettre en parallèle avec des changements stylistiques ou de paradigmes ainsi qu'avec l'évolution des connaissances scientifiques.

Les « SECRETS d'œuvres d'art » présentés ici sont des exemples qui illustrent cette nouvelle manière de faire de la chimie et de l'histoire de l'art.

Laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale UMR8220



dirigé par Philippe WALTER

Localisé à Paris, sur le campus universitaire de Jussieu, le LAMS est un laboratoire de recherche créé le 1^{er} janvier 2012 par l'Université Pierre et Marie Curie et le CNRS. Une équipe de 25 personnes y développe des travaux visant, d'une part, à approfondir notre connaissance de l'évolution des productions matérielles dans des aires géoculturelles variées, par l'étude des matières premières naturelles ou synthétiques, de leur formulation et des autres pratiques de leur mise en œuvre et, d'autre part, à mieux comprendre l'évolution des matériaux sur le long terme dans le but de les dater et de décrire les mécanismes chimiques à cinétique lente qui sont à l'origine de l'évolution et parfois de dégradations des objets. Cela conduit au développement de techniques innovantes d'analyse chimique, portables et non invasives, qui permettent de déplacer le laboratoire dans les musées et les monuments pour réaliser les études in situ.



Léonard de Vinci a appliqué des glacis translucides de quelques micromètres d'épaisseur, teintés par des pigments noirs, pour créer une impression de relief sur le visage de Mona Lisa et générer son sourire. C'est par la superposition d'un grand nombre de ces couches qu'il a pu créer des ombres « fondues comme une fumée » qui contribuent à son effet appelé « sfumato ».

La Joconde (1503-1506)

Léonard de Vinci

Musée du Louvre

Démarche analytique

Une série de mesures a été réalisée par spectrométrie de fluorescence des rayons X pour observer l'évolution des signaux générés par la peinture, lorsqu'on déplace le dispositif d'analyse du bord du nez à l'oreille gauche de Mona Lisa. Grâce à la modélisation des spectres obtenus et la connaissance des pratiques techniques de cette époque, il est possible d'estimer de manière non invasive l'épaisseur de ces couches de glacis ainsi que la concentration des pigments.

Valeur ajoutée de l'étude des matériaux

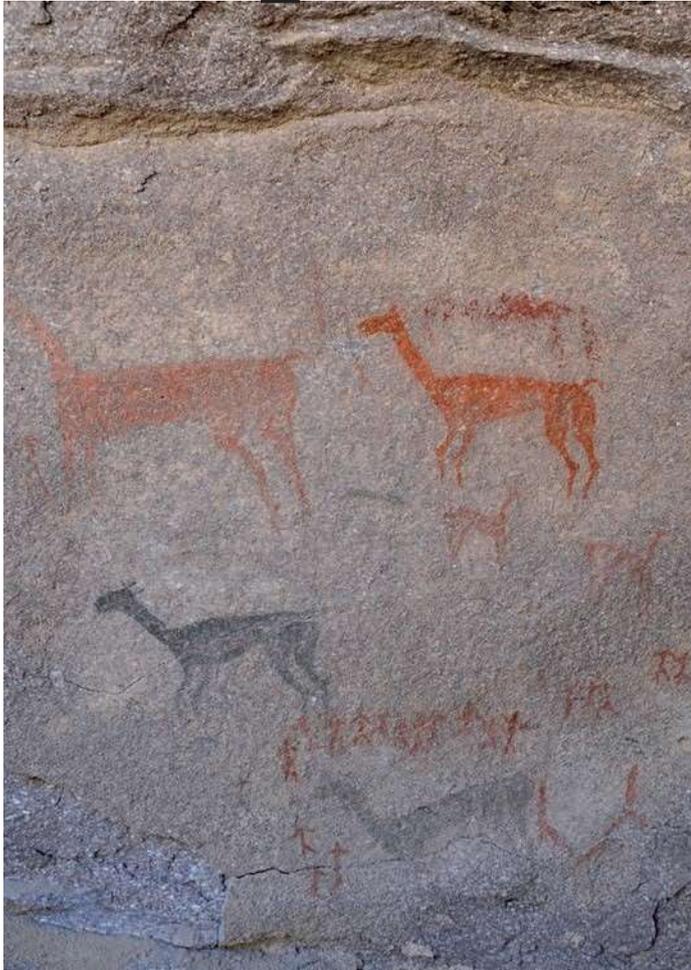
Le nombre de couches de glacis qui ont été déposées et le temps nécessaire à leur séchage avant chaque application contribuent à expliquer un commentaire de Giorgio Vasari, au milieu du XVI^e siècle, sur le temps de réalisation de cette œuvre. Léonard de Vinci aurait mis quatre années pour réaliser la Joconde !

Résultat

Le glacis est une matière bien particulière sur la palette du peintre. Elle est préparée en ajoutant une faible quantité de pigment à un liant principalement composé d'un mélange de résine et d'huile. Elle met beaucoup de temps à sécher (quelques semaines) et, étant relativement fluide, elle forme progressivement un film lisse qui efface toutes les traces du pinceau. Inconvénient de la pratique : il faut attendre qu'une couche durcisse avant d'en déposer une nouvelle pour rendre une partie de la représentation plus sombre. Léonard de Vinci a ainsi déposé 15 à 20 couches pour obtenir l'effet incroyablement subtil que l'on peut observer aujourd'hui.

les peintures préhistoriques du Nord du Chili

Chili, Arica et altiplano andin,
entre 300 et 7000 avant notre ère



L'art préhistoire du Nord du Chili s'est enrichi de nombreuses découvertes ces 30 dernières années : certaines momies de la civilisation Chinchorro, datées d'il y a 7000 ans pour les plus anciennes, ont été retrouvées au bord de la mer avec des masques funéraires polychromes ; de nombreuses peintures ornent des abris sous roche dans les hautes vallées andines.

Démarche analytique

L'étude de la composition complexe de ces couleurs a été réalisée à partir de prélèvements qui ont été inclus dans un bloc de résine pour réaliser leur coupe stratigraphique. Leur analyse peut alors combiner toute une série de méthodes, notamment la microscopie électronique à balayage avec microanalyse des rayons X et la microdiffraction des rayons X. La nature minéralogique des pigments, les impuretés associées et la forme des cristaux permettent de faire un lien entre les manifestations artistiques et les sources de pigments retrouvés lors de prospections géologiques.

Valeur ajoutée de l'étude des matériaux

Ces résultats indiquent que ces groupes humains préhistoriques de chasseurs/pêcheurs et cueilleurs, ont développé des technologies complexes de collecte et de préparation des matières colorantes pour la réalisation de pratiques religieuses et la décoration des objets de leur quotidien.

Résultat

L'analyse des masques funéraires des momies montrent la superposition de plusieurs couches de peintures teintées par des pigments variés : oxydes de fer et oxydes de manganèse pour les teintes rouge, orange, jaune et noir, carbonates de cuivre pour le vert. Ces mêmes pigments ont été employés pour décorer des objets ainsi que des abris avec des représentations animales et humaines. Ces pigments n'étaient pas toujours disponibles à proximité des sites d'habitation côtiers : certains d'entre eux, notamment les noirs à base de manganèse, ont été collectés dans la cordillère des Andes, jusqu'à une altitude de près de 5000 mètres.

Eliézer et Rebecca (1648)

Nicolas Poussin

Fitzwilliam Museum, Cambridge, Royaume-Uni



Les analyses chimiques d'œuvres de Nicolas Poussin nous éclairent sur sa manière de représenter les ombres et les couleurs. L'artiste a ici choisi des pigments jaunes différents pour représenter les plis clairs et les plis sombres du manteau du personnage central de cette œuvre.

Démarche analytique

Quelques mesures effectuées par spectrométrie de fluorescence des rayons X sur des zones claires ou sombres du manteau révèlent qu'une couleur a été réalisée à partir de composés riches en fer, caractéristiques des terres naturelles, alors que l'autre contient un pigment riche en plomb et en antimoine, que l'on sait avoir été synthétisé à l'époque de Nicolas Poussin.

Valeur ajoutée de l'étude des matériaux

Grâce à la lecture de traités sur les ombres et les perspectives écrits vers 1620 par Matteo Zaccolini, peintre et théoricien de la couleur, Nicolas Poussin a compris la distinction importante qui existe entre un pigment et sa couleur apparente telle que nos yeux peuvent la percevoir dans différents contextes naturels, c'est-à-dire conditionnés par différentes interactions optiques et par les conditions d'observation.

Résultat

Le travail du peintre s'effectue en aplats, en glacis, en superpositions et en juxtapositions de couleurs. Le choix des pigments et leur formulation avec le liant pour retenir plus ou moins la lumière à travers les couches et laisser ou non la trace du pinceau, ont joué un grand rôle dans les évolutions des pratiques artistiques. Ici, on démontre que l'ombre n'est plus créée par l'ajout d'un pigment sombre sur une couleur uniforme, comme chez Léonard de Vinci. Elle était présente dans l'esprit de l'artiste et elle a été préparée sur sa palette.

Les peintures murales égyptiennes

Tombe thébaine de **Menna**,

Vers 1350 avant notre ère, Louxor, Egypte



Une collaboration internationale associant des équipes américaines, belges et françaises a conduit l'étude des décors de la tombe de Menna, l'une des plus impressionnantes de la vallée thébaine. Les techniques des artistes sont précisées grâce à la mise en œuvre de différentes techniques spectroscopiques.

Démarche analytique

Ce projet a permis, pour la première fois, d'effectuer une étude non invasive complète d'une tombe égyptienne en mettant en œuvre sur place des méthodes complémentaires d'analyse chimiques (spectroscopie UV, Vis, NIR, Raman, infrarouge, fluorescence des rayons X). Les conditions de travail ont été parfois difficiles à cause de la température parfois élevée et d'une poussière omniprésente.

Valeur ajoutée de l'étude des matériaux

La peinture égyptienne a longtemps été fondée sur le dessin qui définissait les formes ensuite colorées en teintes plates avec des pigments purs. Par ces mélanges, les artistes ont commencé à pouvoir suggérer les effets de la transparence d'un tissu de lin très fin sur un corps ou bien le relief d'une forme. Ces notions se développeront ensuite à l'époque grecque.

Résultat

L'identification des pigments montre qu'une palette très classique de couleurs a été employée : le noir de carbone, l'hématite rouge, la huntite blanche, l'orpiment jaune, le bleu et le vert égyptiens, ... sont des pigments bien connus à l'époque des Pharaons. Des couleurs intermédiaires furent également obtenues par le mélange de ces pigments selon une pratique qui ne semble apparaître en Egypte qu'à partir de cette époque, celle de la XVIII^e dynastie. Les teintes des chairs associent ainsi des oxydes de fer jaunes et rouges à de l'orpiment pour créer une variété de nuances, ensuite plus ou moins éclaircie par l'apport de pigment blanc.

Les pigments bleus

à l'époque de *Napoléon* (Début du XIXe siècle)

Bibliothèque Marmottan, Boulogne-Billancourt



De nouveaux pigments bleus sont disponibles à partir du début du XIXe siècle pour remplacer l'outremer naturel (lapis-lazuli), trop cher, ou le bleu de Prusse, pas toujours assez stable à la lumière. Le chimiste Thénard invente ainsi en 1804 un nouveau bleu à base de cobalt. L'analyse d'un ensemble de tableaux datant de l'époque napoléonienne permet d'observer l'adoption immédiate de ce pigment par les peintres.

Valeur ajoutée de l'étude des matériaux

Vincent Van Gogh écrivait à son frère Theo que « le bleu de cobalt est une couleur divine et il n'y a rien de plus beau pour installer une atmosphère ». Les analyses montrent à quel point les peintres recherchaient les dernières nouveautés proposées par l'industrie chimique au XIXe siècle pour disposer des multiples nuances nécessaires à leur projet artistique.

Démarche analytique

Les analyses par spectrométrie de fluorescence des rayons X, diffraction des rayons X et spectroscopie UV-visible sont autant de moyens de discriminer les différents pigments bleus employés à cette époque. La présence de cobalt montre l'usage du bleu Thénard, des bandes d'absorption caractérisent l'indigo et la diffraction des rayons X révèle la lazurite, la phase minérale principale du lapis-lazuli, ainsi que le bleu de Prusse.

Résultat

« De toutes les couleurs qui manquent à la peinture, il n'en est aucune qui lui soit plus nécessaire que le bleu ; on peut même dire que c'est celle dont elle a le plus besoin » écrivait Thénard en 1804. C'est en s'inspirant des pratiques de la Manufacture de Sèvres pour réaliser des porcelaines bleues qu'il a synthétisé un pigment à base de cobalt. L'étude des tableaux de la collection de Paul Marmottan datés des années 1800-1830 permet d'observer les choix effectués par certains peintres pour l'usage des différentes teintes bleues. Le bleu de cobalt apparaît en particulier pour la réalisation des ciels.

La copie de tableaux sur porcelaine dure s'est développée au début du XIXe siècle et répondait, à l'époque, à un souci de conservation du Patrimoine. L'analyse des couleurs a permis de préciser les recettes employées comme par exemple celles contenant des sels d'or pour créer la couleur pourpre.



La Vierge de François 1^{er}

Copie sur porcelaine des peintures de Raphaël

Abraham Constantin, La Vierge de François 1^{er}, 1818
Cité de la Céramique, Musée de Sèvres

Valeur ajoutée de l'étude des matériaux

L'analyse permet de retrouver les mélanges de substances qui étaient employées par l'artiste pour approcher au plus près l'aspect des peintures de Raphael. Deux exemples de couleurs : pour réaliser le jaune, le peintre appliquait un pigment rouge clair qui contenait du PbO et du Sb₂O₃. Après cuisson de la plaque, la couleur se révélait avec la formation d'un antimoniate de plomb d'un beau jaune. Le chromate de plomb vert était, quant à lui, synthétisé préalablement à la peinture à partir de sels métalliques réfractaires broyés puis calcinés à 1400°C. A Sèvres, on compte 138 références de colorants purs.

Démarche analytique

L'analyse quantitative par spectrométrie de fluorescence des rayons X permet de retrouver les recettes et de comparer ces compositions aux livres encore conservés à la Manufacture.

Exemple :

Recette traditionnelle de dorure verte :
sous-nitrate de bismuth 9.09, %
Carbonate d'argent 18.08, % en poudre
72.73. %

Résultat de l'analyse de la dorure de la plaque : Or 81, % Bismuth 6, %
Argent 13, % épaisseur de la couche de dorure 0.65 μm

Résultat

Pour tester la température de cuisson des plaques de porcelaine peintes, de l'or de Cassius était employé (traits en bas à gauche de la plaque). La manufacture de Sèvres préparait cette matière constituée d'agrégats d'hydroxyde d'étain, gélatineux en solution aqueuse, sur lesquels étaient fixés des nanoparticules d'or. Après cuisson à la bonne température (vers 900°C), la couleur pourpre apparaissait. Si la température était trop importante ou insuffisante, la couleur était différente. Cette couleur est en effet due à un phénomène de résonance lors de l'interaction entre la lumière et les nanoparticules, appelé résonance de plasmon de surface. Typiquement, des nanoparticules d'or de 20 nm apparaissent rouge car elles ont une bande de résonance de plasmon à 520 nm (absorption dans le vert).



Quizz scientifique

L'ART ET LA SCIENCE

Testez vos connaissances avec 6 QUESTIONS

QUESTION 1/ Un pigment sombre rarement employé pour la peinture à l'huile a été utilisé par Léonard de Vinci pour réaliser les ombres sur le visage de la Joconde. Lequel ?

- a) Le noir d'ivoire
- b) L'oxyde de manganèse
- c) La galène

QUESTION 2/ La découverte des éléments chimiques purs a conduit les chimistes du début du XIXe siècle à inventer de nouveaux pigments pour l'art. L'un de ces éléments chimiques était aussi employé pour faire le magnifique bleu des porcelaines de la Manufacture de Sèvres. Lequel ?

- a) Le cuivre
- b) Le cobalt
- c) Le fer

QUESTION 3/ Les Egyptiens employaient pour leurs peintures un pigment bleu composé d'une phase minérale bien particulière qui était synthétisée en chauffant à une température élevée un savant mélange d'ingrédients. Quelle est cette phase ?

- a) La lazurite
- b) L'azurite
- c) La cuprorivaite

QUESTION 4/ Quel est le pigment noir qui a été employé par les hommes préhistoriques pour réaliser les peintures de la grotte Chauvet ?

- a) Du charbon de bois
- b) De l'os brûlé
- c) De l'oxyde de manganèse

QUESTION 5/ De nombreux pigments ont été inventés au XXe siècle. L'un d'entre eux est facilement détectable par spectrométrie de fluorescence des rayons X et sert pour détecter la falsification des œuvres. En effet, si ce pigment, apparu vers les années 1920, est présent dans une œuvre supposée antérieure, l'œuvre est fautive ! Quel est ce pigment ?

- a) Le dioxyde de titane
- b) Le carbonate de plomb
- c) Le sulfure de zinc

QUESTION 6/ Certains artistes ont voulu au début du XIXe siècle développer une technique qui permettait de donner immédiatement une apparence ancienne à leur œuvre. C'est le cas par exemple du Radeau de la Méduse, peint par Théodore Géricault entre 1818 et 1819. Cette matière induit aujourd'hui de graves problèmes de conservation. De quelle matière s'agit-il ?

- a) La résine de jujubier
- b) L'encre de seiche
- c) Le bitume de Judée

Réponses

Question 1/ (b) - Question 2/ (b) - Question 3/ (c) - Question 4/ (a) - Question 5/ (a) - Question 6/ (c)



LE SALON DES FOURNISSEURS
DE MATÉRIELS ET SERVICES
POUR LE LABORATOIRE

Analyse

Biotech

Contrôle

Recherche

SAVE
THE
DATE

—

du 5 au 7
OCT
2021

—

PARIS EXPO
PORTE DE VERSAILLES

Votre badge gratuit
www.forumlabo.com

Organisé par



Une manifestation du

