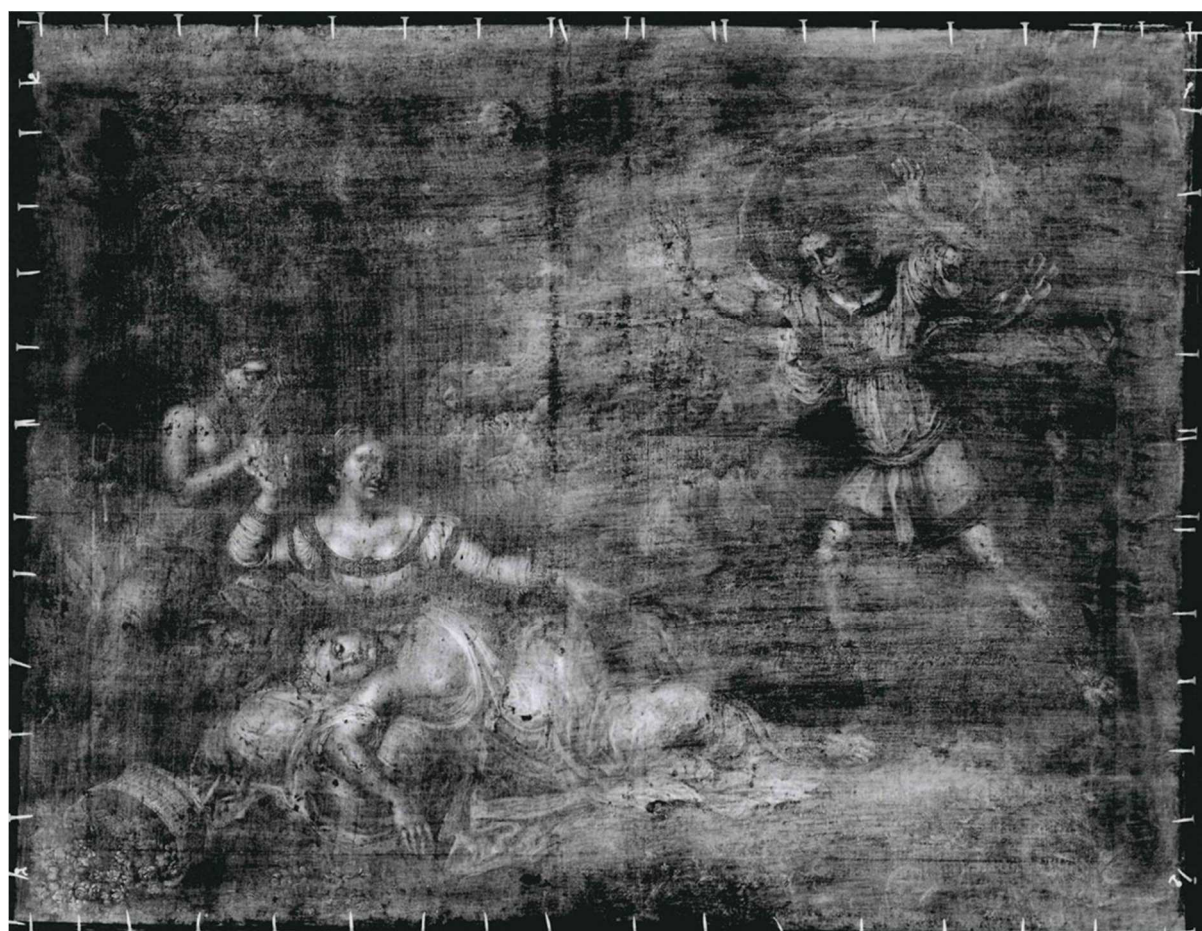


MUSÉE BARROIS

SERVICE ÉDUCATIF

2013- 2014

La science au service des oeuvres : la physique et la chimie au musée



LIVRET ÉLÈVE
Découverte des collections du Musée barrois

Ce parcours intitulé « La science au service des œuvres » propose d'étudier quelques œuvres des collections du Musée barrois, qui ont été restaurées ou étudiées de façon scientifique au cours des dernières années.

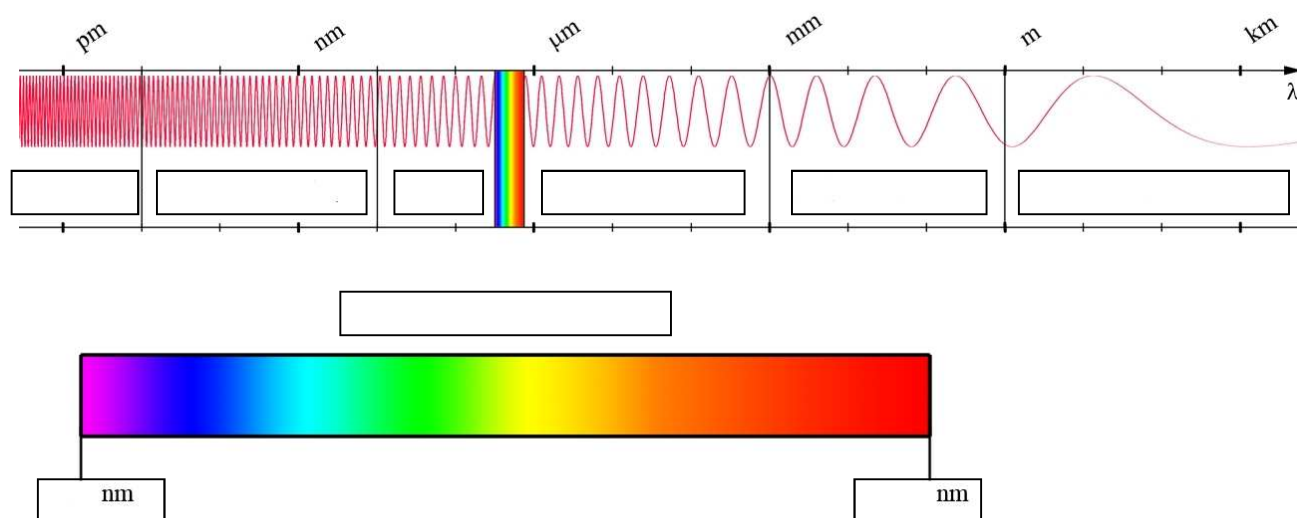
À travers ces exemples seront abordées quelques notions de physique et de chimie, deux disciplines complémentaires de l'histoire de l'art dans l'étude des collections.

Quelques rappels théoriques jalonnent le livret.

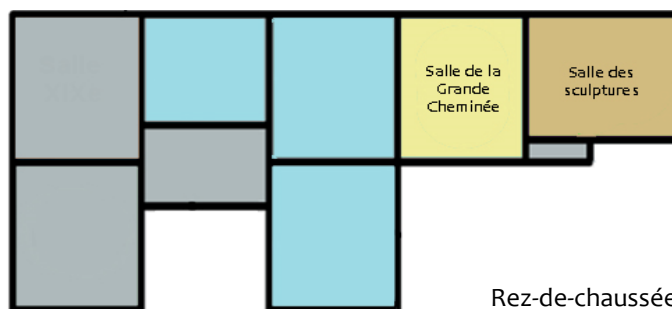
RAPPEL

Le spectre électromagnétique regroupe tous les types d'ondes électromagnétiques et couvre ainsi toutes les gammes de fréquences (ou de longueurs d'ondes). Pour des raisons tant historiques que physiques, le spectre électromagnétique est divisé en divers domaines de fréquences, longueurs d'onde ou énergie. Le spectre de la lumière visible correspond à un domaine très étroit du spectre électromagnétique complet.

Complète le spectre ci-dessous en indiquant le nom des ondes/rayons et leur longueur d'onde.



Pour débiter ce parcours, rendez-vous dans la salle de la Grande Cheminée, devant le portrait de Stanislas LESZCZYNSKI.



Atelier de J.-B. VAN LOO (1684-1745)
Portrait de Stanislas LESZCZYNSKI
huile sur toile, milieu du XVIII^e siècle
(Musée barrois, inv. 2007.0.21)

Si le premier travail de l'historien d'art et du restaurateur est l'observation attentive d'une œuvre en **lumière visible** (dite aussi « blanche »), celle-ci ne peut malheureusement pas délivrer tous les secrets de l'objet étudié.

Dans le cas d'une peinture, l'étape suivante est l'observation en **lumière rasante**, qui va donner beaucoup d'informations sur l'état de surface du tableau. Pour cela, l'éclairage (toujours en lumière visible) est placé tangentielllement à la surface de la toile.

Que permet de détecter la lumière rasante sur le portrait de Stanislas (photo prise avant restauration) ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Faisons l'expérience sur un ou plusieurs tableaux de la même salle !

N.B. : souvent, les restaurateurs travaillent à partir de photos en noir et blanc, sur lesquelles les contrastes sont plus visibles.



Pour la troisième étape, passons dans le domaine de l'invisible !

Un cliché dans le domaine de **l'infrarouge** est réalisé. Par ce moyen, on pénètre sous le vernis, et grâce au contraste apporté par la réflexion ou l'absorption de l'infrarouge par la préparation et les différents éléments constituant les pigments, d'éventuels repeints, le dessin préparatoire ou d'éventuelles inscriptions peuvent être mis en évidence. Deux matériaux différents mais de même couleur en lumière visible peuvent être différenciés par l'infrarouge. Certaines substances sont plus ou moins transparentes aux radiations.

? En 1800, Sir William HERSCHELL constate une élévation de température lorsque l'on passe du violet au rouge qui s'intensifie au-delà du rouge (jusqu'à un certain point). Ainsi est mise en évidence l'existence de rayons au pouvoir calorifique invisible : les rayons infrarouges.



Infrarouges (réflexion)
(avant restauration)



Ultraviolets (fluorescence)
(avant restauration)

La photographie sous **ultraviolet** est réalisée grâce à un éclairage à la « lumière noire » : cette lumière est absorbée et réémise sous forme de lumière visible par les substances fluorescentes.

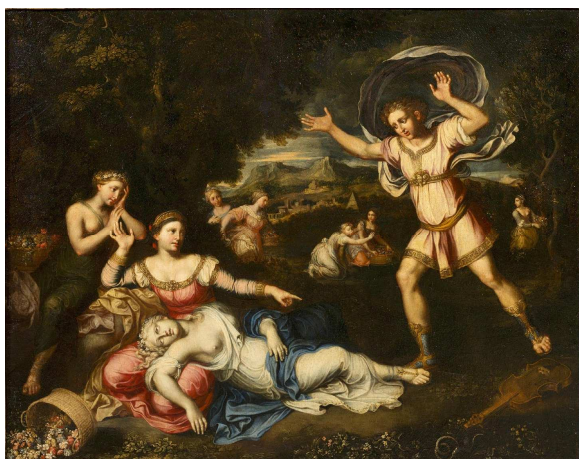
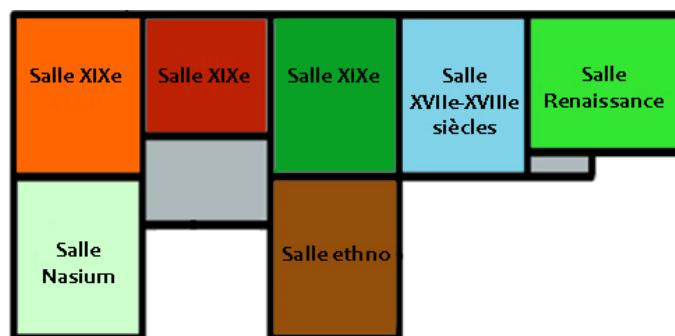
En jouant avec la fluorescence des matériaux constituant le vernis, l'éclairage fait apparaître les zones repeintes sous formes de taches opaques. Il donne aussi des renseignements sur le vernis : altérations, essais partiels de dévernissage, amas...

L'examen sous radiations ultraviolettes permet seulement de discerner les anomalies de l'état de surface et non en profondeur.

À quoi peut bien correspondre le « carré » discernable sous la flèche (cliché infrarouge) ?.....

Que montre la photo sous ultraviolet ? Quelle observation préalable confirme-t-elle ?.....

Rendez-vous à présent au premier étage, dans la salle « Renaissance », pour découvrir *Orphée et Eurydice*.

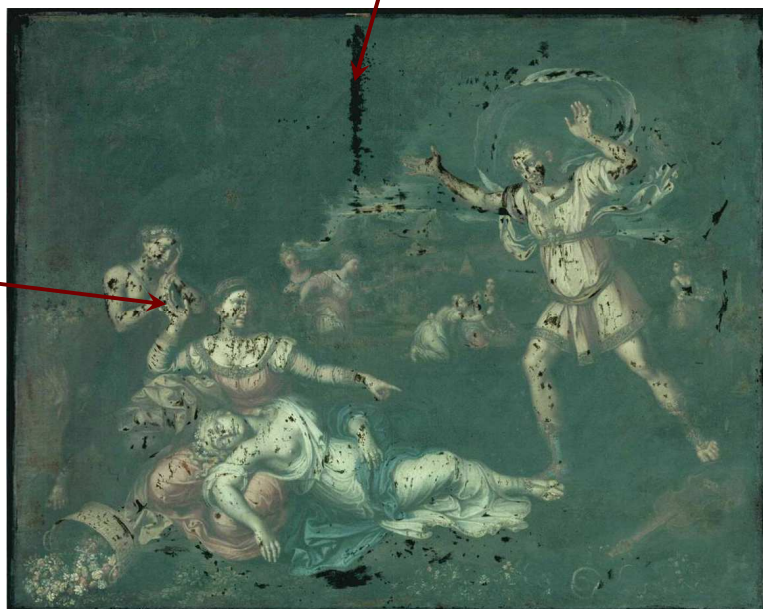


François NICOLAS (1632-1695)
Orphée et Eurydice
 huile sur toile, 1654
 (Musée barrois, inv. 2013.1.1)

En 2013, le Musée barrois a acquis un tableau de François NICOLAS, dit NICOLAS DE BAR, peintre né à Bar-le-Duc en 1632.

Afin de vérifier la bonne conservation et l'authentification de l'œuvre, le tableau a fait l'objet d'une étude au Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF).

Repeint : ajout de peinture, dû le plus souvent à une autre main que celle de l'artiste. En général, il s'agit d'une restauration.



Sur cette photographie prise sous ultraviolets, de nombreux repeints sont visibles, témoins d'une restauration ancienne. En considérant la forme de ces interventions, quelles pouvaient être les formes de détérioration du tableau ?

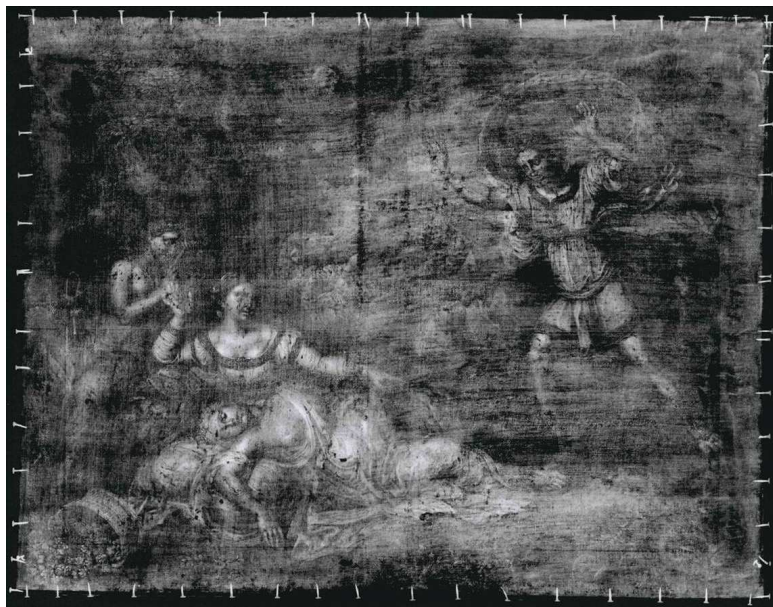
1

2

? Les rayons X sont découverts par hasard en 1895 par le physicien allemand Wilhelm RÖNTGEN. Il s'aperçoit rapidement qu'ils peuvent traverser des matières plus denses et plus lourdes que le carton. Quelques semaines lui suffisent pour réussir à « photographier » le squelette de sa main. Pendant la première Guerre Mondiale, des médecins français observent des tableaux grâce à la radioscopie. L'intérêt manifesté envers les radiographies des œuvres d'art n'a jamais diminué depuis lors.

La **radiographie** enregistre l'image formée par des rayons X qui sont plus ou moins absorbés lorsqu'ils traversent un objet. On obtient ainsi à la fois une représentation de la constitution interne (structure, armatures, assemblages, ...) et de l'épiderme des tableaux ou des objets étudiés (lacunes de polychromie ancienne recouvertes ensuite, compositions superposées, ...).

Les rayons X, créés par la collision d'électrons sur des atomes de matière, sont des ondes électromagnétiques, de même nature que la lumière visible ou les ondes radiophoniques, mais de longueur d'onde très courte, comprise entre 10^{-7} et 10^{-11} mètre, et dotées d'une grande énergie. Ces longueurs d'onde de l'ordre de l'Angström (10^{-10} mètre) sont proches des distances inter-atomiques, ce qui permet le passage du rayonnement à travers la matière, alors qu'un rayonnement de plus grande longueur d'onde se trouve réfléchi par la surface du matériau étudié.



La radiographie met en valeur le métier du peintre et donne des informations sur le support de l'œuvre : ancien montage, traces d'un châssis, mastics, agrandissement du support, accidents... Quand il s'agit d'un objet, la radiographie permet de révéler la structure interne et de mieux comprendre la façon de travailler d'un artiste.

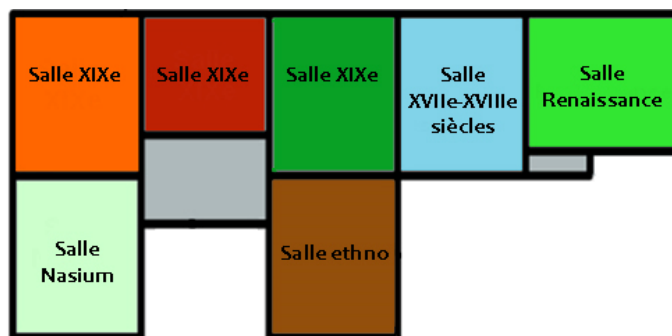
Dans le cas de *Orphée et Eurydice* de NICOLAS DE BAR, que révèle la radiographie ?.....

.....

Quelles sont les limites de cette technique ?.....

.....

Pour ce petit exercice, rendez-vous dans la salle verte consacrée à l'art du XIX^e siècle.



Voici quatre photographies (avant restauration) du portrait du Maréchal GÉRARD (1773-1852), peint par Charles Philippe Auguste DE LARIVIÈRE (1798-1876) en 1833. Sous quel type de lumière ont-elles été prises ?

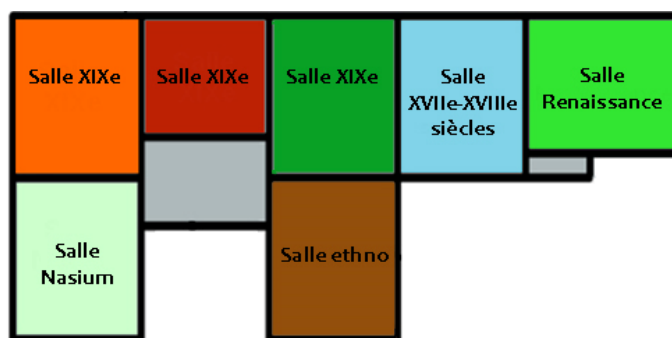
lumière directe - infrarouge - ultraviolet - lumière rasante





Urne funéraire (zémi)
Puerto Rico ou Saint-Domingue
bois, XII^e siècle
(Musée barrois, inv. 850.20.38)

Rendez-vous à présent dans la salle consacrée aux objets ethnographiques.



Ce zémi est l'un des rares témoins artistiques de la culture Taïno à être parvenus jusqu'à nous. Il reste seulement cinq exemplaires au monde de ce type d'urne funéraire, dans lequel étaient conservés les ossements des ancêtres.

Cette œuvre exceptionnelle fait l'objet de toutes les attentions des chercheurs. En 2007, une équipe de scientifiques anglais et italiens sont venus à Bar-le-Duc effectuer des prélèvements afin de mieux connaître cette sculpture et, par conséquent, les hommes qui l'ont produite.

DATATION AU CARBONE 14

La datation au carbone 14 est la méthode la plus connue du grand public. Elle est utilisée pour tous les matériaux organiques. Cependant, elle ne permet pas de remonter au-delà de 50 000 ans et nécessite un recalibrage périodique.

Le principe est simple. La forme de carbone la plus répandue dans la nature est le carbone 12, mais on trouve également en faible quantité un de ses isotopes, le carbone 14.

Ce carbone 14 est fabriqué en permanence dans la haute atmosphère terrestre par le bombardement des noyaux d'azote de l'air par les rayons cosmiques. Sa proportion dans l'air devrait donc augmenter constamment, mais ce n'est pas le cas car il est instable, c'est à dire radioactif, et il se retransforme peu à peu en azote avec une période de 5730 ans.

Tant qu'un organisme (par exemple une plante) est vivant, il absorbe le gaz carbonique de l'air et la proportion de carbone 14 par rapport au carbone 12 reste constante dans ses molécules. Dès que cet organisme meurt, les échanges avec l'atmosphère cessent, il n'y a plus d'apport en carbone 14 et par suite la teneur de ce dernier diminue constamment, comme d'ailleurs dans toute matière inerte, avec une période de 5730 ans.

Il suffit donc de mesurer la proportion de carbone 14 présent dans un organisme mort pour déterminer le temps qui s'est écoulé depuis sa mort. C'est la datation au carbone 14.

? Pour la découverte de la datation au carbone 14, le physicien et chimiste Willard Franck LIBBY (1908-1980) a reçu le prix Nobel en 1960.

? Le carbone 14, appelé aussi radiocarbone, est un isotope radioactif du carbone, noté ¹⁴C. Découvert en 1940, il a longtemps été le seul isotope radioactif du carbone à avoir des applications. La datation au carbone 14 a permis de dater les événements anciens beaucoup plus précisément qu'auparavant, permettant ainsi un progrès significatif en archéologie et en paléanthropologie.

APPLICATION

Appelons U_n la proportion de carbone 14 restant dans un échantillon de matière organique après n décennies. On dit que U_n est une **suite géométrique de raison q** lorsque pour passer au terme suivant (la proportion de carbone 14 une décennie plus tard), il suffit de multiplier par le coefficient q .

Dans le cas du carbone 14, on a pu mesurer $q \approx 0,9987910504...$

On a donc écrit $U_{n+1} = q \times U_n$ et on peut démontrer que $U_n = U_0 \times q^n$ où ici q^n représente en pourcentage en valeur décimale de la quantité de carbone 14 restant.

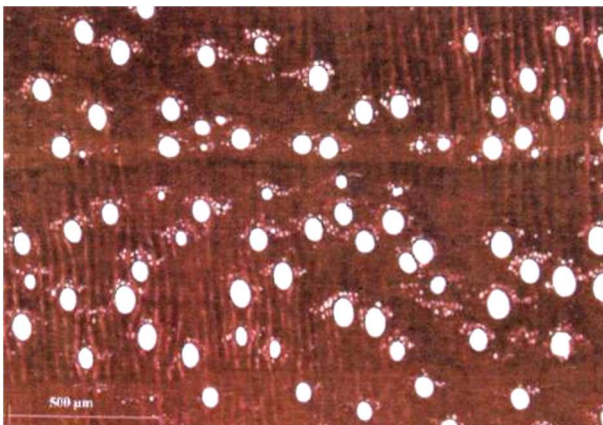
La quantité de carbone 14 dans un morceau de fossile d'os retrouvé sur un chantier se situe entre 39 % et 40%. L'âge n en décennies de l'os fossile vérifie $0,39 \leq q^n \leq 0,4$.

À l'aide du mode « Table » de la calculatrice, en prenant un pas de 1, déterminer le nombre minimal et maximal de décennies de cet os fossile.

.....

LE MICROSCOPE

Les mêmes chercheurs ont étudié un autre échantillon afin de connaître l'essence d'arbre utilisée.



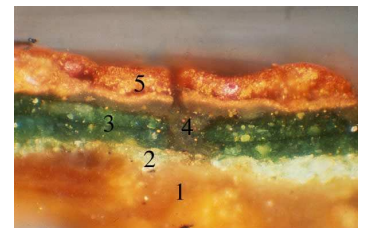
Pour identifier le bois, il a été examiné au microscope. Dans la réalité, cette photographie correspond à 2 mm de bois. Il s'agit du bois de gaïac, petit arbre originaire d'Amérique continentale tropicale et des Antilles. C'est l'un des plus denses bois tropicaux, très difficile à tailler, même avec des outils modernes. Cela signifie que, d'une part, les Taïno avaient atteint un degré très élevé du travail du bois et que, d'autre part, étant donné les difficultés rencontrées, ce bois devait tenir une place ou avoir une signification particulière dans leur culture.

Le microscope optique est aussi utilisé pour étudier la couche picturale des peintures, ou plutôt les couches picturales. L'analyse de la coupe stratigraphique obtenue avec un minuscule échantillon permet d'identifier les pigments employés par le peintre, mais aussi d'en savoir plus sur sa façon de procéder ou de discerner d'éventuelles restaurations.

Le cas des Noces de Cana

Le célèbre tableau de Véronèse, conservé au musée du Louvre, a été restauré en 1990-1992. Une des énigmes posées par le tableau concernait un des convives qui apparaissait alors vêtu d'un ample manteau rouge sans manche porté sur un vêtement vert visible seulement sur les bras. L'aspect terne du rouge tranchait avec la flamboyance des autres couleurs sur le tableau : l'hypothèse d'un repeint a donc été émise.

L'analyse stratigraphique de plusieurs échantillons a confirmé qu'un vert comparable à celui des manches était systématiquement présent en couche épaisse sous le rouge : la preuve d'un repeint était faite ! L'idée étant de savoir, ensuite, si ce rouge avait été peint par Véronèse lui-même ou plus tard...



AGLAÉ



Derrière ce prénom d'origine grecque, qui signifie « rayonnante de beauté », se cache un instrument de pointe : l'Accélérateur Grand Louvre d'Analyses Élémentaires, appareil d'analyse chimique destiné à l'étude des œuvres d'art.

Il s'agit du seul accélérateur à particules au profit des musées, constituant la méthode la plus performante qui soit pour l'analyse de la composition en éléments chimiques d'un objet. De ce fait, il permet

d'obtenir des résultats en quelques minutes seulement et surtout sans qu'aucun prélèvement sur l'œuvre ne soit nécessaire.

L'accélérateur électrostatique AGLAÉ est équipé de deux sources d'ions : l'une pour la production de protons et de deutérons (noyaux de Deutérium), l'autre pour celle des particules alpha. L'accélération de ces particules à des énergies avoisinant quelques millions d'électronvolts permet d'exciter faiblement et de manière non destructive les atomes constituant les matériaux des œuvres d'art. Cette excitation entraîne une émission d'un rayonnement pour l'objet analysé qui sera ensuite étudié via différentes méthodes.



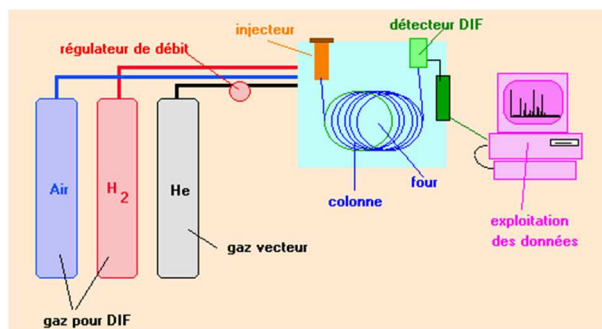
Un avantage de ces analyses par émission d'ions est de pouvoir guider avec précision le faisceau de particules de façon à ce qu'il percute un détail de l'œuvre. Ces particules accélérées pénètrent peu la cible et ne sondent donc que sa surface.

Jusqu'en 1995, par exemple, on pensait que cette statuette de la déesse Ishtar découverte en Mésopotamie en 1863 (Paris, Musée du Louvre) était ornée de verre : l'analyse a prouvé qu'il s'agit en réalité de rubis. Or, il était impossible de trouver des rubis en Mésopotamie à l'époque de sa création. La comparaison chimique avec d'autres pierres a démontré un commerce établi entre la Birmanie et la Mésopotamie.

LA CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE (CPG)

Cette technique permet de séparer des molécules d'un mélange éventuellement très complexe et de natures très diverses. Elle s'applique à des échantillons gazeux ou susceptibles d'être vaporisés sans décomposition.

Le mélange à analyser est vaporisé à l'entrée d'une colonne, qui renferme une substance active solide ou liquide appelée *phase stationnaire*, puis il est transporté à travers celle-ci à l'aide d'un gaz porteur (ou gaz vecteur). Les différentes molécules du mélange vont se séparer et sortir de la colonne les unes après les autres après un certain laps de temps qui est fonction de l'affinité de la phase stationnaire avec ces molécules.



La CPG permet l'analyse et l'identification d'un très grand nombre de **matériaux organiques**. Elle est donc totalement adaptée à l'analyse de la composition d'un grand nombre d'objets de notre patrimoine moderne ou ancien, qui sont constitués de mélanges complexes de produits naturels (cires, résines, gommes, tannins, huiles, etc).

Ainsi, un nombre très important de travaux concernent l'analyse : des adhésifs archéologiques, des baumes de momification, des objets en bitume, des encres, des liants de peintures, des reliures anciennes, des sculptures en cires, etc.

BILAN

La physique et la chimie sont donc largement utilisées dans les musées aujourd'hui. Les sciences sont des aides indispensables à la connaissance des objets et de leur histoire.

Les exemples du Musée barrois montrent que certaines techniques sont à privilégier selon les renseignements recherchés.

Quelle observation ou quelle analyse serait à préconiser pour trouver les informations suivantes ?
(noter les numéros des œuvres)

Identifier un faux :

Détecter des altérations du support :

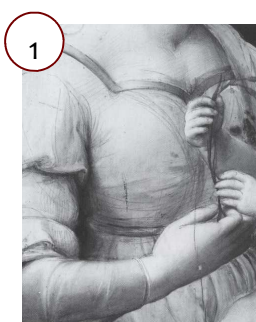
Observer un dessin préparatoire :

Connaître la structure interne :

Observer des repeints :

Procéder à une datation :

Observer des repentirs ou des motifs cachés :



1
RAPHAËL (1483-1520)
La Madone aux œilletons
huile sur bois, 1506-1507
(Londres, National Gallery)

Infrarouge



2
École flamande
Vierge à l'Enfant
huile sur bois, XV^e siècle
(Paris, musée du Louvre)

Lumière rasante



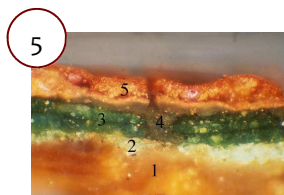
3
Atelier de REMBRANDT (1606-1669)
Portrait de Titus VAN RIJN
huile sur toile, vers 1658
(Paris, musée du Louvre)

Radiographie



4
Edgar DEGAS (1834-1917)
Cheval à l'arrêt
cire, 1865-1881
(Paris, Musée d'Orsay)

Radiographie



5
Paul VÉRONÈSE (1528-1588)
Noces de Cana
huile sur toile, 1563
(Paris, Musée du Louvre)

Coupe stratigraphique
Analyse chimique des éléments



6
Plafond au bestiaire peint du n° 8 de la
rue Poncelet, Metz
bois peint, 3^e quart du XIII^e siècle
(Metz, Musée de la Cour d'Or)

Dendrochronologie



7
D'après Jean Siméon CHARDIN (1699-1779)
Nature morte aux pièces de viande
huile sur panneau, 1^{ère} moitié du XIX^e siècle
(localisation inconnue)

Ultraviolet

Les techniques d'analyse physico-chimiques sont aujourd'hui un maillon essentiel dans la connaissance des œuvres d'art. Elles nous renseignent sur l'histoire de leur conception, de leur fabrication et sur l'évolution des matériaux au cours du temps.

Cette approche est déterminante pour retrouver, par exemple, les couleurs d'origine ou les recettes d'atelier aujourd'hui perdues. Elle permet de guider les conservateurs et les restaurateurs dans leurs travaux scientifiques, afin de préciser l'authentification des œuvres, d'affiner leur datation et leur histoire, ou encore de déterminer les causes de leur vieillissement. Ce type d'approche peut permettre également une restauration et une préservation des œuvres dans de meilleures conditions.

Sources :

Marjorie E. WIESEMAN, *A closer look. Deceptions and discoveries*, National Gallery Company, London / Yale University press, 2010

www.cnrs.fr

www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/

www.art-et-science.fr

Photos : Musée barrois/Bar-le-Duc ; C2RMF ; D.R.

Réalisation : Musée barrois, Service des publics, Claire Paillé, 2014

INFORMATIONS PRATIQUES

MUSÉE BARROIS

Esplanade du Château

55000 Bar-le-Duc

Tél : 03 29 76 14 67

Fax : 03 29 77 16 38

e-mail : musee@barleeduc.fr

<http://museebarrois.eklablog.fr/>

Le musée vous accueille du lundi au vendredi toute l'année.

L'entrée du musée est gratuite pour tous les élèves et leurs accompagnateurs.

MUSÉE BARROIS SERVICE ÉDUCATIF

Contacts:

1^{er} degré / Marie-Laure Milot :

m-laure.milot@ac-nancy-metz.fr

2nd degré Hist.-Géo. / Myriam Alakouche :

myriam.alakouche@ac-nancy-metz.fr

2nd degré Hist.-Géo. / Flavie Piasta

flavie-blandine.piesta@ac-nancy-metz.fr

