

OBJECTIFS

L'analyse scientifique d'un tableau répond à des préoccupations diverses :

- **Caractérisation des techniques picturales,**
- **Assistance à la restauration/conservation des œuvres,**
- **Recherche de falsifications...**

Les résultats obtenus viennent en complément d'une expertise stylistique.

Les analyses apportent des **données objectives** essentielles à la connaissance de l'oeuvre comme :

- recherche d'une **signature**,
- mise en évidence de **dessins préparatoires**,
- visualisation de **repentirs**,
- identification de **restaurations**,
- caractérisation des **différents matériaux** utilisés,
- **datation** du support (toile, bois, papier,...)

Nos travaux font l'objet d'un **rapport de synthèse critique** regroupant l'ensemble de la documentation photographique et les résultats d'analyse complémentaires.

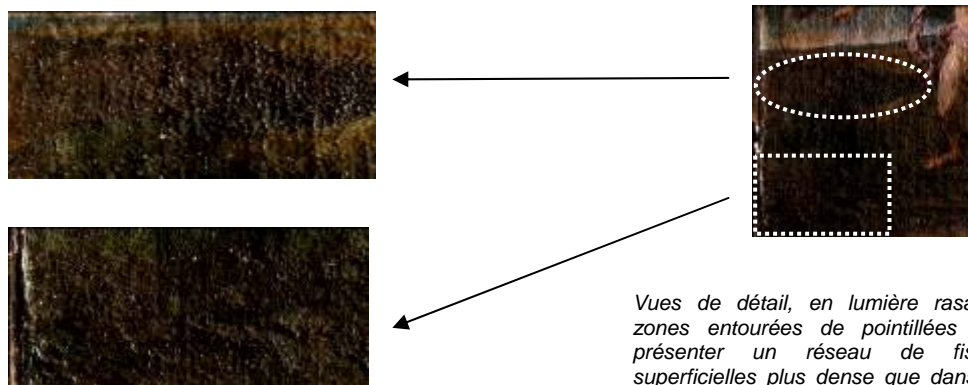
CIRAM s'engage à répondre à ces problématiques dans le strict respect d'une démarche scientifique rigoureuse.

MOYENS MIS EN OEUVRE

Imagerie en lumière rasante

Cette étude est effectuée à l'aide d'une lampe halogène puissante, délivrant une lumière froide. Les prises de vue sont réalisées grâce à un appareil photographique numérique.

Ce mode d'observation de l'œuvre met en évidence toutes les aspérités de la surface et les reliefs (craquelures, soulèvements ou enfoncements éventuels de la matière picturale). Elle permet de caractériser l'état de conservation du vernis et des couches picturales, la présence d'altérations ainsi que d'éventuelles restaurations.



Vues de détail, en lumière rasante. Les zones entourées de pointillées semblent présenter un réseau de fissurations superficielles plus dense que dans le reste du tableau. Huile sur toile, Musée des beaux-Arts de Pau.



Vues de détail, en lumière rasante. La zone est caractérisée par de longues craquelures régulières. De plus, on observe des traits marqués le long du bras droit, au niveau de la tête et entre l'aile et le bras gauche (flèches). Ils pourraient suggérer la présence de repentirs. Huile sur toile, Musée des beaux-arts de Pau.

Imagerie sous éclairement Ultra-Violet

La source lumineuse utilisée pour cette étude est constituée par un ensemble de néons éclairant dans l'ultra-violet (lumière noire).

Les prises de vue sont réalisées grâce à un appareil photographique numérique. Elles permettent de présenter l'intégralité de l'œuvre ainsi que des zones détaillées.

Ce mode d'observation de la surface de la toile rend, notamment, visibles les repeints de surface présents par dessus le vernis. En effet, l'éclairage utilisé engendre la fluorescence des matériaux constituant le vernis de manière variable selon leur ancienneté. Les variations de fluorescence font donc apparaître une chronologie relative entre différents moments associés à des modifications de la surface de l'œuvre.



Vues de détail, sous éclairement naturel et aux UV. On observe une bande sombre transversale ainsi que des zones de fluorescence différentes correspondant à des points de restauration ayant nécessité un re-vernissage localisé et/ou l'utilisation de pigments différents de ceux employés initialement. Huile sur toile, Collection privée.

Réflectographie infrarouge (IR)

Les prises de vue peuvent être effectuées dans le domaine spectral IR1 (720 à 1100 nm) ou IR2 (920 à 1100 nm), à l'aide d'une caméra multispectrale (fig. 4bis) associée à un système d'acquisition numérique des images.

La réflectographie infrarouge permet généralement de révéler des dessins préparatoires, des repentirs ainsi que d'éventuels repeints. Une signature cachée ou tout autre écrit invisibles à l'œil nu peuvent également être recherchés par cette approche.



Vues de détail, sous lumière blanche (gauche) et sous réflectographie infrarouge (droite). Ce mode d'imagerie met en évidence la finesse du dessin préparatoire des sourcils. Huile sur bois, Collection privée.

Imagerie en radiographie de rayons X

Les rayons X, d'énergie élevée, pénètrent toutes les couches de peinture et de préparation de la toile et permettent d'obtenir une image de la répartition des matériaux selon leur densité.

La radiographie X conduit également à apprécier l'état de conservation de l'oeuvre par la mise en évidence de zones de restauration, qui se traduisent par des discontinuités dans l'image.

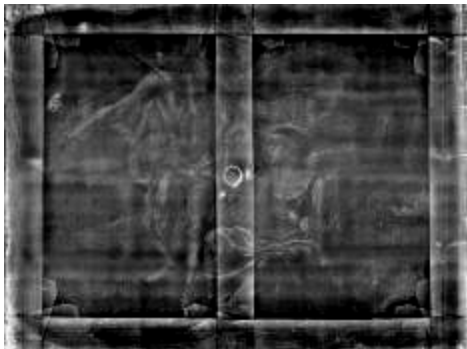
De plus, elle constitue un outil performant pour caractériser la présence de repentirs et de repeints.

La grande flexibilité de notre appareillage permet d'analyser in situ des oeuvres de toutes dimensions.

Les images numériques sont ensuite traitées en négatif, afin de rehausser les contrastes et de faciliter la mise en évidence d'éventuelles "anomalies". Dans ce cas, les pigments de forte densité apparaissent plus clairs sur les clichés.

Par ailleurs, afin de révéler certains détails spécifiques, nous présentons également les images de radiographie X sous leur forme "positive" : les éléments les plus denses sont alors plus foncés sur les clichés.

Ces informations sont notifiées au cas par cas.



Les clichés de radiographie peuvent présenter l'ensemble du tableau après reconstruction numérique ou des zones détaillées.

Exemples de repentir et de repeint



La radiographie met en évidence un repentir au niveau de la main. Huile sur toile, Collection privée.



La radiographie met en évidence la présence d'une vache, clairement identifiable, sous l'ensemble végétal et une partie du chemin. Huile sur toile, Collection privée.

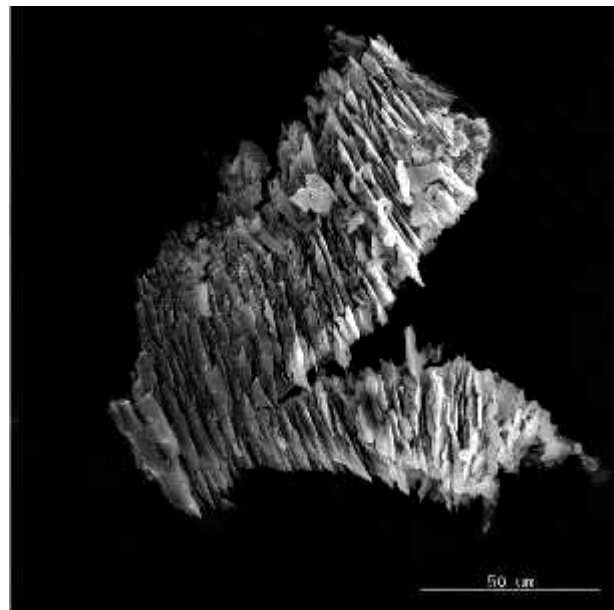
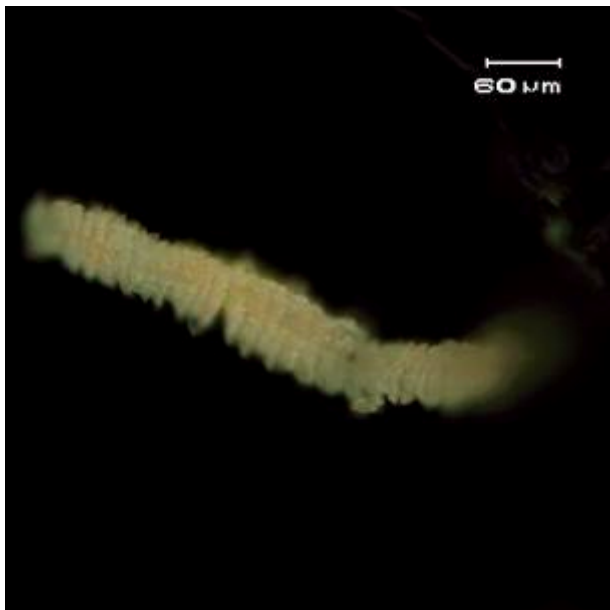
Microscopie électronique à balayage (MEB), Raman, PIXE, IRTF,...

Ces techniques permettent de caractériser la composition chimique des pigments, des charges, des liants et des couches de préparation.

Exemples d'étude MEB

L'analyse des **pigments** d'une peinture de chevalet va permettre de déterminer sa nature chimique et d'estimer la compatibilité chronologique entre son utilisation et l'époque présumée de l'oeuvre.

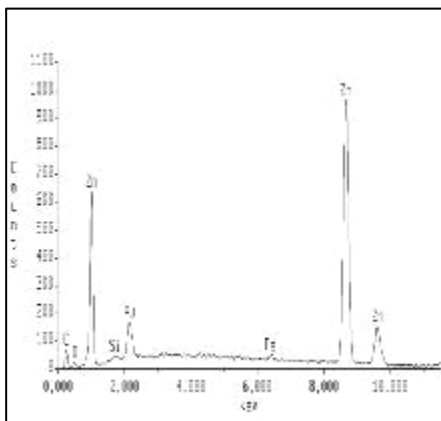
L'exemple suivant concerne un prélèvement de couche picturale blanche.



Vues de détail du prélèvement de matière picturale blanche. La coloration blanche est homogène. La texture dentelée du prélèvement suggère qu'il s'agit d'une peinture à liant acrylique (gauche : microscope métallographique, champ sombre, x200 ; droite : MEB, ES, x450).

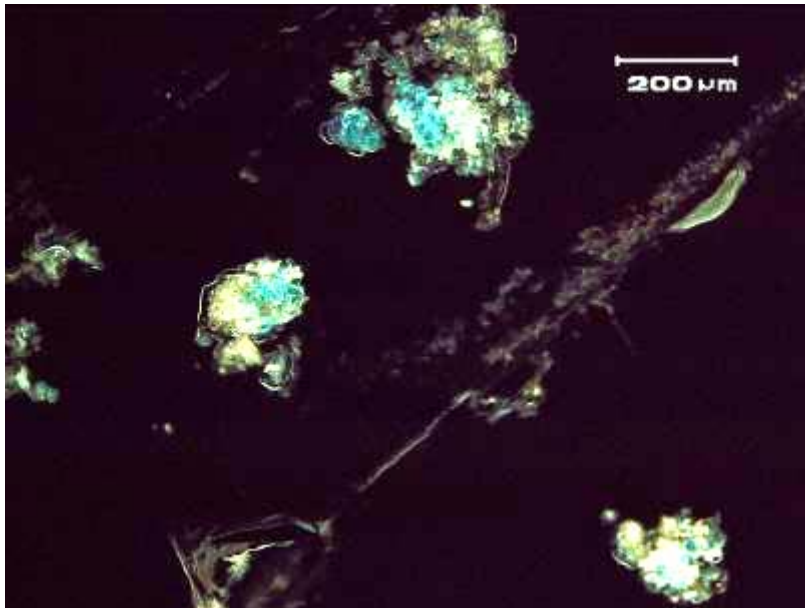
L'analyse élémentaire de cette couche picturale blanche indique qu'elle est principalement composée de zinc, avec des traces de silicium et de fer. Ces deux derniers éléments peuvent correspondre à une couche picturale adjacente.

Le zinc est corrélé à la présence d'oxyde de zinc, ZnO, communément désigné sous les termes de pigment de « blanc de zinc ». Ce pigment a été largement diffusé à partir de 1850 et il est toujours utilisé aujourd'hui.



Spectre EDX de la couche picturale blanche. Elle est principalement composée de zinc. Il s'agit d'un pigment de blanc de zinc.

Le second exemple concerne un échantillon présentant une coloration bleue avec de nombreuses ponctuations blanches à grises. Ces dernières peuvent correspondre à une couche de préparation blanche et/ou à la charge associée au pigment bleu.



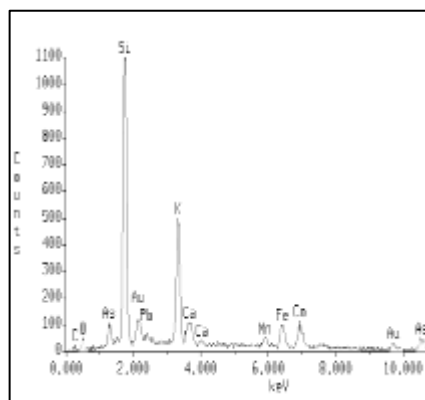
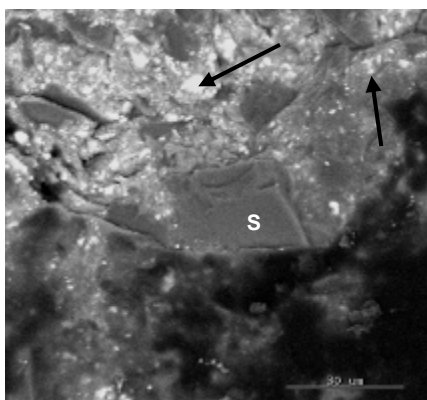
Vue générale du prélèvement de matière picturale bleue. On observe une coloration bleue associée à des ponctuations blanches à grises. (Stéréomicroscope, x100).

L'analyse de la couche picturale bleue montre qu'elle est composée principalement de silicium, potassium et calcium qui correspondent à la matrice vitreuse. On détecte également du cobalt, responsable de la coloration bleue.

La présence de cobalt, de fer, de manganèse et d'arsenic suggère l'utilisation de minerais de cobalt (skuttérodite, cobaltite...) pour la préparation de cette "fritte" au cobalt. Il s'agit d'un pigment de smalt.

Les traces de plomb détectées au niveau de la couche picturale bleue correspondent à l'utilisation de carbonate de plomb (blanc de plomb ou céruse). Ce pigment a pu être utilisé comme charge et/ou comme couche de préparation blanche.

Le cobalt est utilisé comme pigment bleu des matériaux vitreux (glaçure, émail, verre) depuis l'Egypte antique. Dans les arts graphiques européens, sa fabrication et son utilisation se généralisent à partir du XVI^{ème} siècle

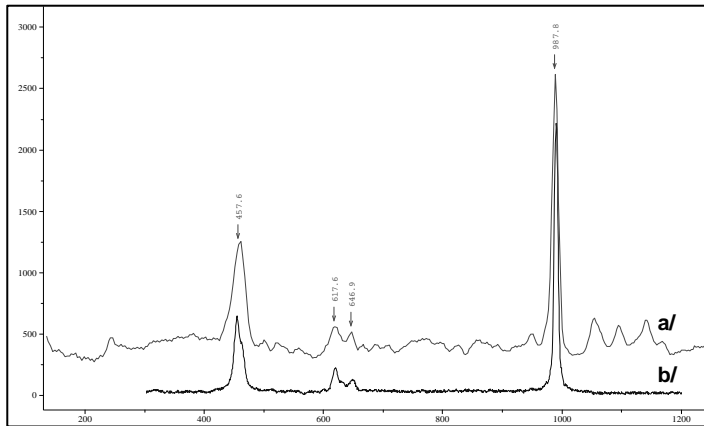


Vue de détail et spectre EDX de la couche picturale bleue. Observation à fort grandissement d'une phase vitreuse de smalt (S) associée à des microparticules de blanc de plomb (flèches). On détecte du silicium, du potassium, du calcium, du fer, du cobalt, de l'arsenic et du manganèse. Cette composition correspond aux pigments bleus de type smalt. (MEB, ERD, x700).

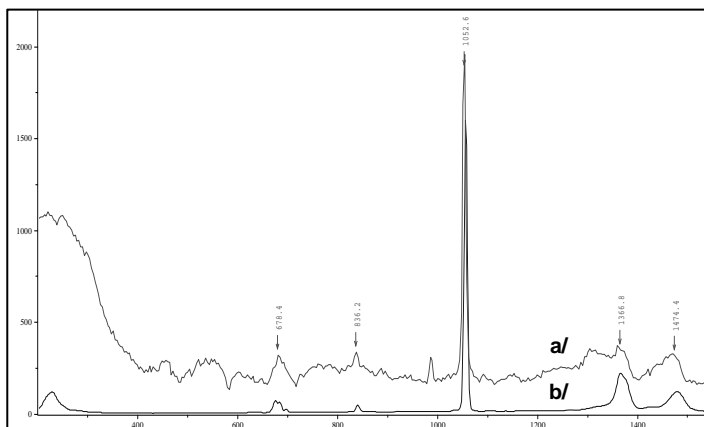
Exemples d'étude RAMAN

L'étude par micro-spectrométrie Raman est non destructive ; elle ne nécessite donc aucune prise de prélèvement.

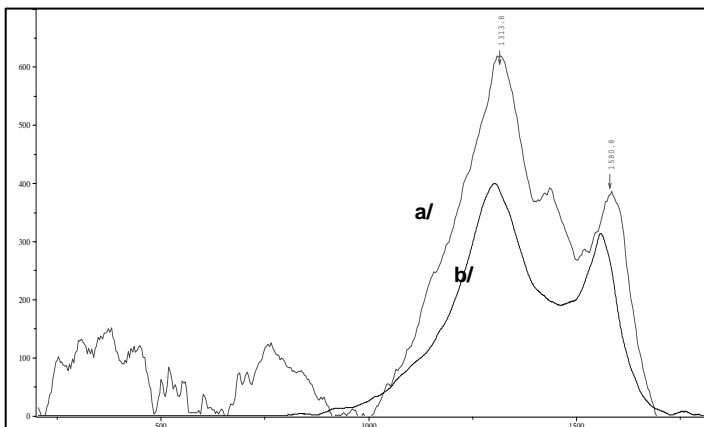
Les exemples d'analyse Raman présentés ci-dessous révèlent la présence de composés correspondant à du sulfate de baryum (barytine) (Fig. 13), du blanc de plomb ou céruse (Fig. 14) ou du noir de carbone (Fig. 15).



Spectre Raman d'une couche picturale (a/) comparé à celui de la barytine (b/). Un des composés de cette couche correspond à du sulfate de baryum.



Spectre Raman d'une couche picturale (a/) comparé à celui du blanc de plomb (b/). Un des composés de cette couche correspond à de la céruse.



Spectre Raman d'une couche picturale (a/) comparé à celui du noir de carbone (b/). Un des composés de cette couche correspond à un pigment noir à base de carbone, noir de carbone ou noir de fumée.

Datation par dendrochronologie ou par carbone 14

Ces techniques apportent des informations chronologiques sur le support (toile, bois, papier,...) et/ou le châssis, qui sont complémentaires de l'analyse stylistique de l'œuvre.

Exemple de datation par carbone 14

Après nettoyage du prélèvement de bois et extraction du CO₂, les différents isotopes de carbone sont séparés par spectrométrie de masse. Puis, la concentration en ¹⁴C est déterminée en comparant simultanément les mesures de ¹⁴C, ¹³C et ¹²C avec celles de produits de référence (acide oxalique, CO₂, charbon).

L'âge ¹⁴C conventionnel est calculé selon la méthode décrite par Stuiver et Polach (Radiocarbon **19/3** (1977), 355) ; il prend en compte la correction du fractionnement isotopique ($\delta^{13}\text{C}$), basée sur la comparaison des rapports de concentration ¹³C/¹²C et ¹⁴C/¹²C.

L'incertitude de mesure (σ) regroupe les incertitudes statistiques de comptage du ¹⁴C résiduel, la variabilité des mesures et les effets de la soustraction du « blanc ».

L'âge calendaire est calculé en utilisant la calibration suivante :

“CALIB rev 4.3” (Data set 2, 1998 decadal atmospheric data), Stuiver et al., Radiocarbon **40** (1998), 1041 - 1083.

Dans l'exemple présenté ci-dessous, une quantité suffisante de carbone a pu être extraite de l'échantillon, et un signal d'intensité satisfaisante a été obtenu durant la mesure par AMS. La valeur de $\delta^{13}\text{C}$ est normale. Les résultats sont fiables.

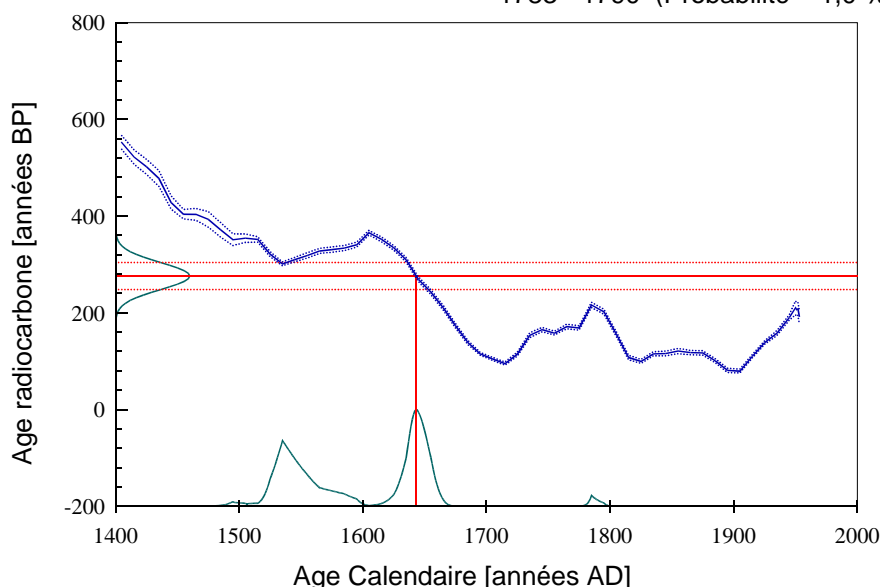
Fraction	pMC corrigé	Age Conventionnel	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
bois, résidu alcalin, 4.1 mg C	96.63 ± 0.33	275 ± 30 BP	-24.13 ± 0.09

Age Radiocarbone : 276 ± 30 ans BP

Age Calibré : cal AD 1643

1 Sigma (Probabilité 68,3 %) cal AD 1527 - 1554 (Probabilité 28,7 %) 1632 - 1658 (Probabilité 39,6 %)

2 Sigma (Probabilité 95,4 %) cal AD 1518 - 1596 (Probabilité 47,7 %) 1620 - 1666 (Probabilité 46,7 %) 1783 - 1790 (Probabilité 1,0 %)



Dans cet exemple, le bois du support est daté par Carbone 14 entre le début du 16^{ème} siècle et la seconde moitié du 17^{ème} siècle.

Quelques Références Bibliographiques

Imagerie

- D. Bagault, D. Vigears, 1995, *La photographie au Laboratoire de Recherche des Musées de France*, Techne n°2.
- M. Dérivé, 1976, "La photographie scientifique", In *Toute la photographie, pratique, esthétique, applications modernes*, publié sous la direction de P. Montel, Ed. Larousse, 3^{ème} édition, Paris.
- J. Lang, A. Middleton, 2005, *Radiography of cultural material*, Elsevier, 198 p.
- H. Verougstraete, R. Van Schoute, T.H. Borchert, 2004, *Restaurateurs ou faussaires des Primitifs Flamands*, Ludion, 160 p.

Analyse des pigments

- D.A. Scott, L.S. Dodd, 2003, An Egyptian cartonnage of the Graeco-Roman period: examination and discoveries, *Studies in Conservation*, 48, 1, 41-56.
- D.A. Scott, L.S. Dodd, J. Furikata, S. Taminoto, J. Keeney, M.R. Schilling, E. Cowan, 2004, An ancient cartonnage broad collar: technical examination of pigments and binding media, *Studies in Conservation*, 49, 3, 177-192.
- F. Perego, 2005, Dictionnaire des matériaux du peintre, *Belin*, Paris, 895 p.
- J. Ambers, 2004, Raman analysis of pigments from the Egyptian Old Kingdom, *Journal of Raman Spectroscopy*, 35, 8-9, 768-773.
- J.M. Tullianni, C. Bertolini Cestari, 2005, Study of the degradation causes affecting stucco sculpture from the Valentino castle in Turin, *Materials and structure*, 38, 425-432.
- G. Rizzo, L. Ercoli, F. D'Agostino, 2003, The stucco work of Giacomo Serpotta and the Serpotta school. Constitutive materials, degradation and decay, *Annali di Chimica*, 93, 873-880.
- I.M. Bell, R.J.H. Clark, P.J. Gibbs, 1997, Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre-~ 1850 AD), *Spectrochimica Acta Part A*, 53, 2159-2179.
- K. Castro, P. Vandenabeele, M.D. Rodriguez-Laso, L. Moens, J.M. Madariaga, 2004, Micro-Raman analysis of coloured lithographs, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 379, 674-683.
- D. Hradil, T. Grygar, J. Hradilova, P. Bezdiccka, 2003, Clay and iron oxide pigments in the history of painting, *Applied Clay Science*, 22, 223-236.
- R.L. Frost, H.G.M. Edwards, L. Duong, T. Kloprogge and W.N. Martens, 2002, Raman spectroscopy and SEM study of cinnabar from Herod's palace and its likely origin, *Analyst*, 127, 2, 293-296.
- W.C. Mc Crone, 1994, Polarized light microscopy in conservation: a personal perspective, *Journal of the American Institute for Conservation*, 33, 2, 101-114.
- F. Perego, 2005, Dictionnaire des matériaux du peintre, *Belin*, Paris, 895 p.
- B. Mühlethaler and J. Thissen, 1969, Identification of the materials of paintings, *Studies in Conservation*, 14, 47-61.

Datation par Carbone 14

- G. Marlowe, 1999, « Year one: radiocarbon dating and American archaeology, 1947-1948 », *American Antiquity*, LXIV/1, p. 9-32.
- W.F. Libby, 1955, *Radiocarbon dating*. 2nd ed., University of Chicago Press, Chicago.
- G. Marlowe, 1980, « W.F. Libby and the archaeologists, 1946-1948 », *Radiocarbon*, XXII/3, p. 1005-1014.
- R.E. Taylor, 1987, *Radiocarbon dating: an archaeological perspective*, Academic Press, London, chap. 6.
- M. Stuiver *et al.*, 1998, « CALIB rev 4.3 (Data set 2) », *Radiocarbon*, vol. 40, p. 1041-1083.
- A.J.T. Jull, 2003, *Radiocarbon*, vol. 46, 18th conference, Wellington.

En savoir plus sur les services de CIRAM Demander un rendez-vous ...

Consultez notre site internet
www.ciram-art.com

Contactez-nous

EUROPE

bureau & laboratoire, Pessac, France

Tel. / Fax **+33 (0)5 56 23 45 35**

e-mail **contact@ciram-art.com**

NORTH AMERICA

office, New York, USA

Tel. **+1 917 509 5616**

e-mail **info@ciram-art.com**

Rejoignez-nous

Facebook, LinkedIn, Twitter, Issuu, Slideshare, Pearltrees