

# Reconnaissance du bleu égyptien par imagerie sur les objets du patrimoine

Anne Maigret, Lucile Brunel-Duverger, Clotilde Boust

Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France

## Introduction

Le bleu égyptien est un pigment synthétique, très présent sur les décors, objets et peintures du pourtour méditerranéen du III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère à environ 500 ans après J.C. Les recherches menées au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France [C2RMF 2020] ont tout d'abord permis de retrouver son procédé de fabrication. Puis, afin de repérer rapidement le bleu égyptien sur les œuvres conservées dans les musées, une méthode d'imagerie spécifique a été mise en place. Cet article présente l'imagerie de Luminescence Infrarouge (LIR) et son application à l'étude d'objets de différents pays méditerranéens à plusieurs époques (Fig. 1).

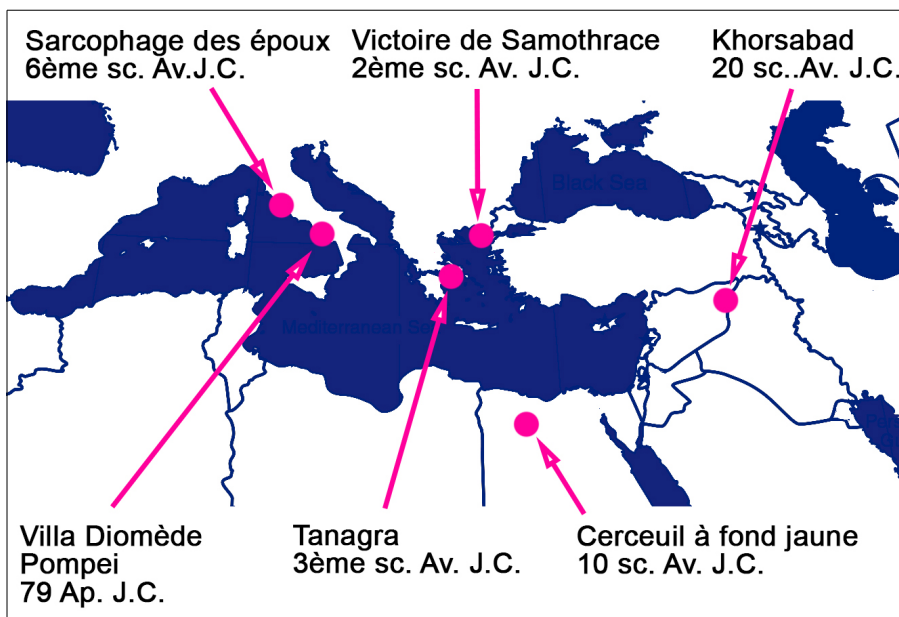


Figure 1: Localisation des objets utilisant du bleu égyptien

## L'imagerie scientifique

L'imagerie scientifique est un ensemble de techniques optiques non-invasives utilisé pour l'étude des œuvres patrimoniales au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France depuis les années 1930. Un dossier d'imagerie permet d'obtenir un premier constat de l'état de l'œuvre. Il permet aussi de repérer certains matériaux invisibles à l'œil humain en utilisant les rayonnements ultraviolets et infrarouges. C'est la première étape des protocoles d'étude des objets du patrimoine ; scientifiques, conservateurs et restaurateurs utilisent ces images comme aide à la stratégie analytique et de restauration, comme pour les interprétations.

Nous présentons ci-après les techniques d'images les plus utilisées dans le patrimoine. Les prises de vues sont faites avec un appareil photographique classique dont la sensibilité a été étendue au domaine de l'infrarouge en ôtant le filtre interne qui bloquait ces longueurs d'onde [Boust 2016]. Des filtres placés devant l'objectif permettent de sélectionner les rayonnements à enregistrer [Boust 2020].

La première image, dite lumière visible (appelée aussi lumière directe ou lumière réfléchie) est une photographie couleur classique, réalisée en général au flash et en studio. Elle est calibrée afin de servir de référence de couleur et de base de comparaison avec les autres images.

Sont ensuite réalisées des prises de vue de l'objet sous rayonnement ultraviolet, avec un éclairage par tubes UV (centrés à 360 nm +/- 10nm). L'enregistrement dans le visible de la réponse de l'objet (380 – 780 nm) exploite les propriétés de luminescence de certains matériaux organiques, qui absorbent les UV pour réémettre de la lumière visible. Cette réaction est aussi appelée fluorescence lorsqu'elle cesse dès que la source est éteinte. Ces images localisent des matériaux tels que des colles, certains pigments ou encore les vernis. Elles montrent leur fluorescence caractérisée par des zones claires et parfois colorées qui ressortent dans l'image sur le fond sombre des zones qui ne fluorescent pas.

De l'autre côté du spectre sont utilisés les infrarouges. La source lumineuse doit émettre dans ces longueurs d'ondes (780 – 1000 nm), ce qui est le cas des flashes de studio. Certains matériaux du patrimoine réagissent de façon caractéristique dans l'infrarouge ce qui permet de les repérer (noir de carbone, indigo...). L'image IR permet également de détecter des changements de composition (restauration, dessin préparatoire...). L'image infrarouge, qui est en noir et blanc donc difficilement lisible, est combinée à celle obtenue en lumière visible pour fabriquer une image composite appelée « Infrarouge fausse couleur » ou IRFC [Lambert 2018]. Cette technique d'infrarouge fausse couleur existe depuis l'après guerre en pellicule argentique dédiées et a commencé à être utilisée dans les années 80 pour repérer les matériaux du patrimoine [Moon 1992].

L'observation de l'image IRFC permet de dresser une première cartographie des pigments et matériaux en la comparant avec une base de donnée de matériaux connus [Boust 2017] et permet de déceler d'éventuelles traces de restauration.

Toujours en enregistrant dans l'infrarouge, il est possible de repérer certains matériaux avec leur propriété de luminescence sous lumière visible. C'est en particulier le cas du bleu égyptien, mais aussi du vert égyptien et du bleu de Han.

La technique appelée « Luminescence infrarouge » ou LIR, mise au point en 2009 par Giovanni Verri, alors chercheur au British Museum de Londres, exploite les propriétés de luminescence dans l'infrarouge de la cuprorivaïte, molécule responsable de la couleur du bleu égyptien. Éclairé en lumière rouge à 610 nm, la cuprorivaïte réémet fortement dans l'infrarouge à 910 nm [Verri 2009, Accorsi 2009]. L'appareil photographique enregistre alors ce phénomène avec un filtre qui ne laisse passer que les infrarouges, cf. Fig. 2. On obtient une image en noir et blanc où seules les traces du pigment apparaissent en blanc.

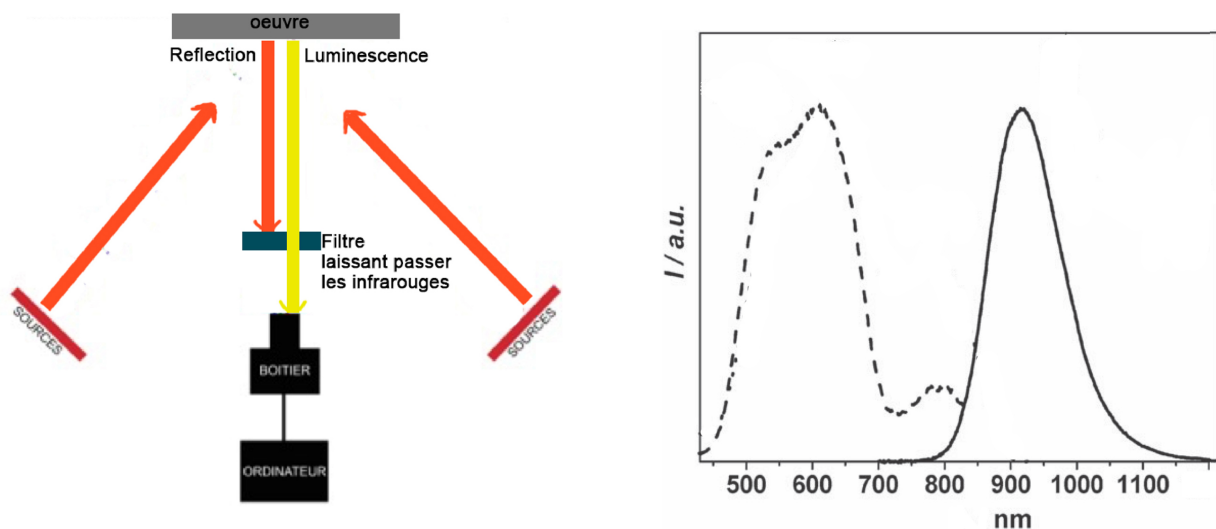


Figure 2. À gauche : schéma de la prise de vue LIR. La lumière rouge est réfléchiée par l'objet, qui émet également un rayonnement de luminescence. Un filtre ne laisse passer que les infrarouges à l'appareil photographique (image C.Boust C2RMF). À droite : courbe de luminescence du bleu égyptien. En pointillé : courbe de la lumière d'excitation et en trait plein : courbe des radiations réémises par luminescence. Image issue de la publication [Accorsi 2009].

## Origine synthétique du bleu égyptien

À la différence des pigments naturels utilisés depuis l'antiquité, le bleu égyptien est le premier fabriqué intentionnellement par l'homme. Il est apparu 3000 ans avant notre ère en Égypte mais également dans le même temps en Mésopotamie [Cavassa 2018]. Le bleu égyptien fut très largement utilisé dans tout le bassin méditerranéen jusqu'à la fin de l'empire Romain (476 ap. J.C.).

Les textes égyptien ne donnent pas d'information sur l'élaboration du pigment bleu égyptien. Ce sont les recherches de Sandrine Pagès-Camagna, Ingénieure de Recherche au C2RMF qui ont conduit à retrouver son procédé de fabrication, ainsi que celui du vert égyptien [Pagès-Camagna 1999, 2006]. L'analyse physico-chimique de pains de pigments archéologiques par méthodes spectroscopiques (uv-visible et raman), microscopiques (optique, électronique à balayage et à transmission) et structurales (diffraction des rayons X) a permis de distinguer le bleu du vert égyptien et d'établir des recettes spécifiques.

Le bleu égyptien était obtenu en chauffant entre 870 et 1100 °C un mélange de composés à base de silicium, de calcium et de cuivre en des proportions bien précises pendant plusieurs heures. On obtient une masse compacte et hétérogène comportant des cristaux bleus de cuprorivaïte ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ), accompagnés de phase amorphe de silicate, de silice résiduelle et de résidus de fabrication. La couleur varie du bleu foncé au bleu pâle selon les conditions de chauffage. Un broyage modéré est ensuite effectué, qui peut modifier également la clarté du bleu obtenu.

Sur ces bases de connaissance, plusieurs études ont ensuite pu être menées sur la polychromie des œuvres égyptiennes des royaumes anciens à la période romaine, sur différents supports comme le bois, la pierre ou la céramique [Pagès-Camagna 2010-1, 2010-2, Bourgeois 2020]. Sont présentées ci-après des études menées par Sandrine Pagès-Camagna avec le groupe imagerie du C2RMF, concernant la reconnaissance du bleu égyptien sur différents objets d'époques et de lieux d'utilisation du bleu égyptien.

## Confirmation du large emploi du bleu égyptien

Avant les années 2010, le repérage du bleu égyptien sur les objets du patrimoine se faisait à l'occasion d'études spécifiques avec les images en infrarouge fausses couleurs. Cependant, le marqueur de couleur en IRFC n'était pas univoque, conduisant à des hésitations dans le repérage de ce matériau (Fig. 3).



*Figure 3: Pain de pigment bleu égyptien de Khorsabad AO295, élément de bleu égyptien en lumière visible à gauche, en IRFC au centre et en LIR à droite. Le repérage des grains est bien plus évident en LIR qu'en IRFC car l'énergie incidente est parfaitement centrée sur la sensibilité de la cuprorivaïte. Images : Anne Maigret C2RMF*

Depuis peu, la technique LIR est utilisée systématiquement car elle est simple à mettre en œuvre et est incroyablement efficace. Le résultat est même visible instantanément en passant la lumière rouge sur l'objet et en contrôlant via l'écran numérique de l'appareil photographique. Cette technique a permis de confirmer le large emploi de ce pigment bleu dans l'antiquité et la zone méditerranéenne et de le localiser avec précision (Fig. 4). Nous avons plusieurs fois arpenté le musée du Louvre avec Sandrine Pagès-Camagna pour rechercher le bleu égyptien et la magie opérait à chaque apparition de ce pigment sur l'écran.



*Figure 4. Couvercle du cercueil extérieur de Imnhetep n° inv. Sarcophage E 13028, Musée du Louvre. À gauche : détail en lumière visible. À droite : détail en luminescence infrarouge. Images : Anne Maigret C2RMF*

Photographier des objets égyptiens avec cette technique ajoute quelque chose de mystérieux à ces objets. Lorsque l'on voit les contours des yeux devenir blanc sur les portraits peints des cercueils, c'est comme si la personne, qui a passé des siècles à l'intérieur revivait, ou comme si le bleu égyptien faisait partie de l'âme de la personne. On peut imaginer les artisans de l'époque qui ont choisi les pigments et leur mélange, qui ont façonné, peint et tenu l'objet entre leurs mains. Ils les ont fabriqués pour que des personnes passent leur seconde vie, après la mort, entourée d'objets précieux. Ces objets ont traversé des siècles, sont parvenus jusqu'à nous et nous livrent un peu de leur secret.

## **Repérage des traces**

La luminescence de la cuprorivaïte permet de repérer des traces faibles de bleu égyptien. En effet, l'efficacité de sa réémission de lumière a été estimée à près de 10,5% du rayonnement reçu, ce qui est très important, et la luminescence peut durer jusqu'à 107  $\mu$ s après l'arrêt de l'éclairage [Accorsi 2009].

Cette efficacité permet de détecter ce pigment avec une lampe et un capteur photographique courants, même à l'état de traces invisibles à l'œil nu. Nous avons plusieurs fois

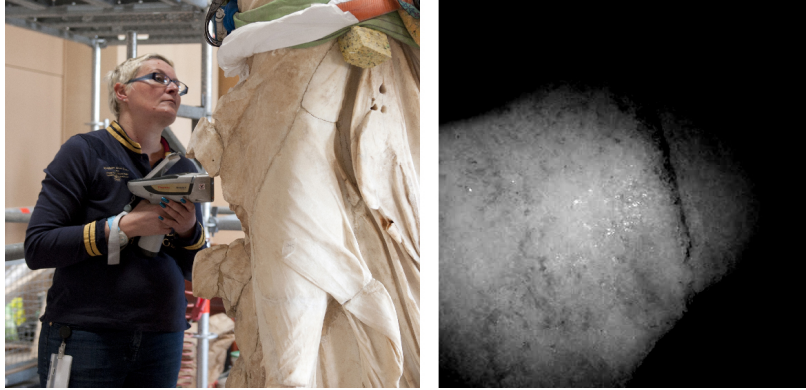
trouvé des grains résiduels ayant résisté à différents nettoyages à travers le temps. Ces grains étaient encore présents dans des zones mal accessibles de statues, comme les plis ou les jonctions, alors qu'ils avaient disparus des autres zones.

La Figure 5 illustre que le pigment bleu est majoritairement retrouvé dans les plis et les creux de cette tanagra. Les tanagra sont des statuette de terre cuite polychromées produites en Grèce au 4ème sc. av. J.C. [Bourgeois 2020].



Figure 5: Tanagra CA2552, Musée du Louvre. À gauche : photographie en lumière visible. Au centre : image de luminescence dans le visible sous UV. À droite : image de luminescence dans l'infrarouge sous lumière rouge. Sous UV la luminescence rouge est caractéristique du rose de garance et en LIR le blanc localise le bleu égyptien. Images Anne Maigret C2RMF, issues du projet [PilinA 2013].

Un autre exemple de l'avantage donné par la puissance de la luminescence de ce bleu fut remarqué lors de la vaste campagne d'analyses et de restauration de la Victoire de Samothrace en 2013 [Hamiaux 2014]. La Victoire de Samothrace, monument érigé dans le sanctuaire des Grands Dieux de Samothrace au début du 2e siècle av. J.-C., représente une déesse ailée se posant sur l'avant d'un navire de guerre, pour commémorer sans doute une victoire navale. Découverte en 1863, les éléments enfouis dans l'île de Samothrace (mer Egée, Grèce) furent envoyés au Musée du Louvre à partir de 1864 où sa reconstitution est achevée en 1884.



*Figure 6: à gauche Sandrine Pagès-Camagna réalisant des pointés de XRF sur la Victoire de Samothrace. À droite, image LIR de traces de bleu égyptien sur le pan arrière du manteau. Images Anne Maigret C2RMF*

Lors de la session d'imagerie scientifique sur site, les images LIR ont permis de visualiser la présence des grains de bleu égyptien à la grande surprise de toute l'équipe. En effet, aucune trace de polychromie antique n'avait pu être documentée sur ce monument, ni au XIX<sup>e</sup> siècle, ni par la suite. En effet, cet élément de polychromie est difficilement repérable car caché par une couche d'oxalate de calcium formée lors du long enfouissement de la statue. L'emploi de la LIR a été déterminant car la luminescence du bleu égyptien est si forte qu'elle traverse cette couche de matière qui le recouvre entièrement (cf. Figure Figure).

Les analyses croisées (imageries UV et IR, spectrométrie de fluorescence de rayons X et microspectrométrie Raman) ont permis de déterminer que la polychromie identifiée sur la statue est uniquement constituée de bleu égyptien sous forme d'un galon en bordure du manteau, et de façon diffuse sur les ailes. Ni le buste ni le reste de la tunique ne présentent quant à eux de grains de bleu égyptien, même dispersés [Pagès-Camagna 2014].

## Étude des techniques de fabrication et restaurations

Lorsqu'on évoque le bleu égyptien, on pense immédiatement aux magnifiques productions polychromes de cette civilisation et entre autres, aux productions funéraires dont les cercueils à fond jaune en sont l'un des exemples les plus caractéristiques. Le C2RMF et le département des Antiquités Égyptiennes du Musée du Louvre prennent part au « *Vatican coffin Project* », projet qui rassemble plusieurs musées et institutions européens, dont l'objectif est de comprendre l'organisation artisanale responsable de la production des cercueils à fond jaune de la XXI<sup>e</sup> Dynastie (cf. le chapitre dans cet ouvrage [Guichard 2020]). Ces cercueils proviennent uniquement de la région de Thèbes et ont été produits autour de l'an 1000 av. J.-C. ; ils étaient destinés aux familles sacerdotales. En étudiant les techniques de fabrication par des méthodes scientifiques sur un corpus important, il s'agissait de retrouver les protocoles de fabrication et de les attribuer aux différents ateliers d'origine afin d'enrichir les connaissances et la conservation de ce type de collection.

Dans le cadre de ce projet, une étude complète a été réalisée au C2RMF depuis la recherche scientifique jusqu'à la restauration sur 10 ensembles funéraires du département des Antiquités Égyptiennes du Musée du Louvre<sup>1</sup>.

Concernant l'imagerie, le protocole de prise de vues établi pour les pièces entières était de photographier toutes les faces intérieures et extérieures : une vue générale puis des photographies individuelles pour chaque scène. Tous les cadrages ont été renouvelés sous chaque rayonnement de l'ultraviolet à l'infrarouge, en réflexion et en luminescence. Parfois quelques détails particuliers ont été photographiés pour compléter le dossier de restauration.

Lors de cette étude, les participants ont pu se rendre compte de l'importance de la technique LIR qui est sensible et fiable. Sur la Figure 7, on voit 3 personnages et une vache sacrée sortant de la montagne Thébaine portant sur son dos un cobra ailé. La scène est entourée de textes hiéroglyphiques. On observe deux nuances de bleu, un clair pour les visages des personnages et un plus sombre pour le reste. Une restauration apparaît sur la partie inférieure, confirmée par l'image en fluorescence sous UV (bande bleu clair).

1 L'étude a été suivie par Hélène Guichard, Caroline Thomas et Patricia Rigault pour le Louvre, Noëlle Timbard pour la restauration au C2RMF, Sandrine Pagès-Camagna et Lucile Brunel-Duverger [Brunel-Duverger 2020] au C2RMF pour l'étude et l'analyse de la polychromie.

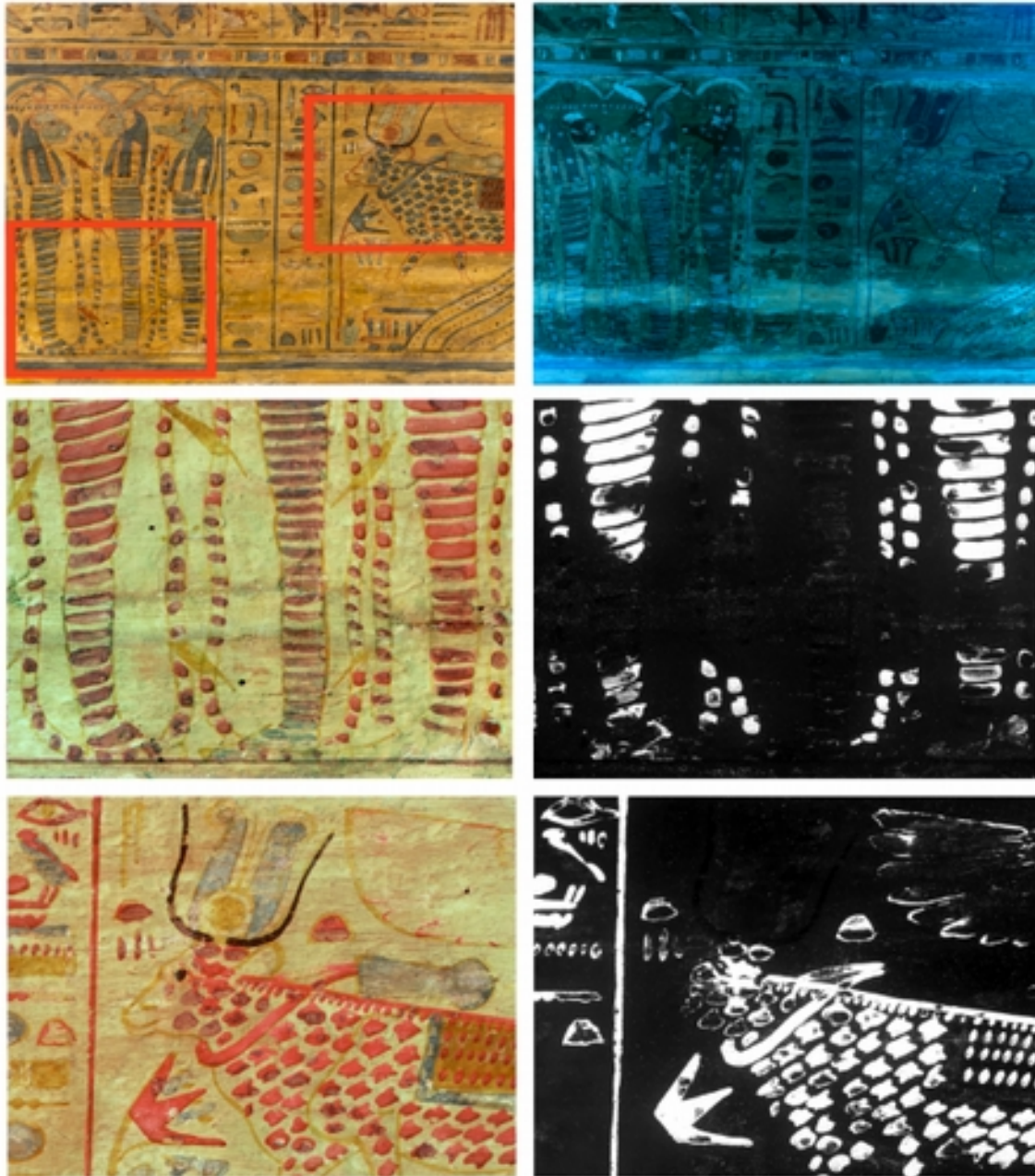


Figure 7. Détail du sarcophage AF95 du Louvre : a) lumière visible b) fluorescence sous UV c) détail des jambes en IRFC, d) détail des jambes en LIR, e) détail de la vache en IRFC, f) détail de la vache en LIR. Images : Anne Maigret C2RMF

L'imagerie en fausse couleur nous indique déjà que le bleu des visages ne réagit pas de la même manière que le bleu des rayures des vêtements. De même les rayures du personnage central réagissent différemment des autres rayures, en rouge plus sombre. Le

doute subsiste au niveau de la partie restaurée, car les différences entre les rouges restent légères : on pourrait penser que l'élément d'origine est resté vu la similitude des teintes. Or, la prise de vue en LIR met en évidence que plus aucun pigment de bleu originel ne persiste dans cette partie restaurée : elle reste noire en LIR. Le vêtement du personnage au centre est également d'un autre pigment, ainsi que les visages bleus clairs. De plus, les ailes au-dessus de la vache apparaissent clairement en LIR alors qu'elles étaient peu visibles à l'œil. Remarquez aussi que la réponse LIR est en rapport avec la quantité de pigment restant ; les zones grises correspondent à une présence en plus faible concentration. Cette technique met en évidence la présence et la concentration du bleu égyptien comme les endroits où il a disparu.

## Repérages in situ mais de nuit

Les techniques d'imagerie sont transportables et donc utilisables directement sur les sites archéologiques avec fresques, les monuments avec peintures murales ou dans les musées où les œuvres ne peuvent pas être déplacées.

En 2014, le groupe imagerie du C2RMF a été sollicité pour effectuer *in-situ* l'imagerie scientifique des murs de la villa Diomède à Pompei, afin de repérer les graffitis issus des visiteurs du Grand Tour, ainsi que les matériaux des restes de polychromie.

La Villa de Diomède à Pompei est restée ensevelie sous plusieurs mètres de lapilli, éjectés par l'éruption du Vésuve en 79 après J.-C. Le programme « Villa de Diomède » lancé en 2012<sup>2</sup> regroupe plusieurs équipes de recherche : archéologie du bâti, informatique, imagerie scientifique, géophysique et ingénierie structurelle [Dessales 2020, PSL 2020]. Il a pour but de modéliser les chantiers de construction qui ont rythmé la vie de la villa jusqu'à l'éruption du Vésuve, ainsi que les restaurations qui l'ont transformée de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle à nos jours.

Sur site, hors d'un studio de prise de vue, il est nécessaire de maîtriser l'éclairage du sujet qui concerne le rayonnement visible comme invisible. Le soleil, comme les lampes artificielles halogènes, émettent des radiations infrarouges qu'il faut éliminer pour enregistrer la LIR. L'imagerie LIR nécessite donc d'être réalisée dans le noir afin de s'abstraire de toute pollution de rayonnements infrarouges ne provenant pas de la luminescence du pigment. Il a donc été nécessaire de réaliser les prises de vues la nuit.

Il est apparu que le bleu égyptien avait été largement employé pour la réalisation des décors des fresques murales de la villa (Fig. 8). Les études de la polychromie dans son ensemble sont cependant toujours en cours.

2 Dirigé par Hélène Dessales, Maître de Conférences à l'École Normale Supérieure, Laboratoire Archéologie & Philologie d'Orient et d'Occident - CNRS PSL



Figure 8: Prise de vue au flash la nuit a) et résultat en b). Résultat en LIR à droite sous un éclairage rouge LED.

## Analyses croisées entre optique et chimie

Les techniques d'imagerie optique peuvent être aujourd'hui croisées avec la récente production d'imagerie chimique. Ainsi, les conclusions sur les matériaux constitutifs sont plus sûres et permettent une localisation très précise des polychromies sur l'objet.

Grâce à l'évolution des techniques d'analyses, il fut convenu en 2014 avec les conservateurs du « Le sarcophage des époux »<sup>3</sup> qu'une nouvelle étude scientifique pourrait apporter de nouveaux éléments.

Le sarcophage des époux est une urne cinéraire en terre cuite de l'art étrusque représentant les défunts, un couple enlacé à demi étendu sur un lit. Il date de la fin du VI<sup>e</sup> siècle avant Jésus Christ et a été trouvé en 1845 par le marquis de Campana<sup>4</sup> dans la nécropole de la Banditaccia à Cerveteri (Latium, Italie). Il a été acquis en 1861 par Napoléon III et rentre ensuite dans les collections du musée du Louvre. Il est actuellement conservé au département des Antiquités Grecques, étrusques et romaines (du IX<sup>e</sup> au I<sup>er</sup> siècle av. J.-C.). Il est composé de 4 parties : la partie supérieure avec l'homme et la femme et la partie inférieure, appelée cuve, représentant le lit.

Cet objet a subi depuis sa découverte plusieurs restaurations importantes. La première eu lieu lors de sa découverte. Où des enduits et de nombreux repeints ont été réalisés par les restaurateurs du marquis, qui correspondaient aux goûts de l'époque mais en rien aux motifs d'origine. Une deuxième au XIX<sup>e</sup> siècle a enlevé ces nombreux repeints

<sup>3</sup> Laurent Haumesser, conservateur en chef et Françoise Gaultier, directrice du Département des antiquités grecques, étrusques et romaines au Louvre

<sup>4</sup> Marquis de Campana (1809-1880) aristocrate italien qui réunit une des plus grandes collections d'objets d'art de toutes époques, essentiellement d'art antique, connue sous le nom de collection Campana.

modernes. Une troisième restauration en 1979 du «*Centro di restauro della archeologica*» de Florence a effectué un autre nettoyage. Enfin, une légère restauration en 2013 au Louvre Lens avant son exposition temporaire au public<sup>5</sup>, qui a permis notamment de refixer certains éléments, dont les mains.

Malgré les nombreuses études et restaurations passées, beaucoup de question sont restées en suspens, notamment la lisibilité de certains motifs et l'identification des pigments originels. Une des questions concernait la présence de bleu égyptien malgré les multiples interventions qu'avait subi l'œuvre. L'utilisation de ce pigment était en effet courante dans cette civilisation mais plus produit du temps des interventions de Campana depuis longtemps (remplacé par d'autres bleus, la recette fut même oubliée). La détection de grains bleus par LIR ne pourrait alors être rattachée qu'à la polychromie d'origine.



*Figure 9: Sarcophage des époux de face (gauche) et de dos avec la lampe rouge et l'appareil photographique pour la LIR (droite). Images Anne Maigret C2RMF*

Les premières tentatives de LIR se sont révélées assez décevantes car aucune réponse du bleu n'était visible sur les images d'ensemble. C'est en augmentant l'énergie d'incidence, en rapprochant les éclairages de l'objet et en focalisant l'énergie lumineuse uniquement sur les visages, que sont apparues sur l'écran de contrôle les zones blanches caractéristiques. Les zones réactives se trouvaient bien là, sur certaines volutes du tutu-

<sup>5</sup> Exposition temporaire « Les étrusque et la Méditerranée », la cité de Cerveteri, du 05 décembre 2013 au 10 mars 2014 .

lus<sup>6</sup> de la femme (Fig. 9). C'est dans un moment comme celui-ci que cette méthode apparaît magique et que l'excitation de la découverte est à son apogée. Durant un mois, au fur et à mesure des prises de vue sur les 4 parties du cercueil, du bleu égyptien est apparu sur différentes zones et notamment sur les deux parties des cuves (Fig. 10).



*Figure 10: Avant de la cuve en photographie (gauche), en LIR (centre) et détail en LIR (droite).  
Images Anne Maigret C2RMF*

Plusieurs collègues du C2RMF<sup>7</sup> ont aussi déployé leurs techniques analytiques non-invasives qui ont permis une caractérisation élémentaire des pigments employés. Ainsi les analyses croisées optiques et chimiques ont menés à la découverte de motifs invisibles à l'oeil nu et jamais documenté jusque-là. Une réinterprétation des couleurs originales du sarcophage a ainsi pu être proposé, comme montré en Figure 11 et détaillé dans [Maigret 2020].

6 Bonnet conique

7 Thomas Calligaro et Eric Laval pour la cartographie XRF, Yannick Vanderberg pour l'étude de la polychromie.

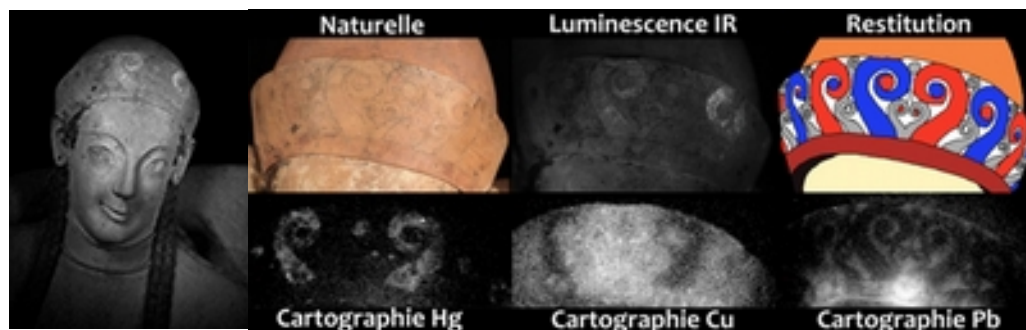


Figure 11: Tête de la femme en LIR (gauche) et images LIR, cartographies du Plomb, du cuivre et de l'Arsenic et restitution couleur du tutulus. Images : LIR Anne Maigret, Cartographie XRF Thomas Calligaro, Restitution Yannick Vandenberg, C2RMF

## Conclusion

La luminescence infrarouge est une technique sensible et fine pour détecter le bleu égyptien. Utilisée aujourd'hui en routine, elle participe efficacement aux recherches scientifiques sur la polychromie antique.

Le groupe imagerie a eu un réel plaisir à travailler avec Sandrine Pagès-Camagna sur de nombreux dossiers. Elle savait transmettre sa passion des pigments antiques et plus particulièrement du bleu. Ses connaissances encyclopédiques du sujet, sa rigueur scientifique et son humour nous manquent aujourd'hui. Elle nous a ouvert la porte d'un passé riche qui, petit à petit, continue à nous livrer ses secrets pour que nous puissions les transmettre au futur.

## Bibliographie

[Accorsi 2009] Accorsi, Gianluca, Verri, Giovanni, Bolognesi, Margherita, Armaroli, Nicola, Clementi, Catia, Miliani, Costanza, Romani, Aldo. (2009). « The exceptional near-infrared luminescence properties of cuprorivaite (Egyptian blue). » *Chemical communications* (Cambridge, England). 23. 3392-4. 10.1039/b902563d.

[Bourgeois 2020] Bourgeois, Brigitte, et Violaine Jeammet. « La polychromie des terres cuites grecques : approche matérielle d'une culture picturale », *Revue archéologique*, vol. 69, no. 1, 2020, pp. 3-28.

[Boust 2016] Boust, Clotilde « Infrarouge : défiltrer un appareil photo, » in *Scientific imaging for cultural heritage / Images scientifiques pour le patrimoine*, ISSN 2609-780X, 04/12/2016, <https://copa.hypotheses.org/361>.

[Boust 2017] Boust, Clotilde, Anne Wohlgelmuth « DATABASE : Pigment image database under UV and IR radiations -part 2 raw materials, » in *Scientific imaging for cultural heritage / Images scientifiques pour le patrimoine*, ISSN 2609-780X, 13/09/2017, <https://copa.hypotheses.org/620>.

[Boust 2020] Boust C., Bellec J.-L. « Filtres imagerie UV et IR, » in *Scientific imaging for cultural heritage / Images scientifiques pour le patrimoine*, ISSN 2609-780X, 22/11/2020, <https://copa.hypotheses.org/1655>.

[Brunel-Duverger 2020] Lucile Brunel-Duverger,(2020) « Couleur et technique des cercueils à fond jaune de la 21<sup>e</sup> dynastie égyptienne : de l'origine des pigments à leur altération (LuxOr) », Thèse à l'Université Cergy-Pontoise, en partenariat avec le Laboratoire de Chimie Biologique, soutenue le 25 septembre 2020

[Cavassa 2018] Laetitia Cavassa. La production du bleu égyptien durant l'époque hellénistique et l'Empire romain (III<sup>e</sup> av. J.-C.-I<sup>er</sup> s. apr. J.-C.). Bulletin de correspondance hellénique-supplément, 2018, *Les arts de la couleur en Grèce ancienne et ailleurs. Approches interdisciplinaires*, 56, pp.13-34. (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02049231/document>)

[C2RMF 2020] Site internet du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France : [www.c2rmf.fr](http://www.c2rmf.fr)

[Dessales 2020] Hélène Dessales, "The Villa of Diomedes, The making of a Roman villa in Pompeii", *Edition Hermann*, Collection : Histoire et Archéologie, paru le 5/10/2020

[Guichard 2020] Hélène Guichard, Patricia Rigault, Caroline Thomas, Lucile Brunel-Duverger, Victoria Asensi Amorós, Noëlle Timbart « Sur le fond jaune des cercueils

égyptiens, le bleu et le vert ne s'épousent-ils pas ? Les cercueils à fond jaune du Musée du Louvre et le Vatican Coffin Project. » publié dans cet ouvrage.

[Hamiaux 2014] M. Hamiaux, L. Laugier, J.-L. Martinez, "La Victoire de Samothrace : redécouvrir un chef-d'œuvre", *coédition Musée du Louvre Somogy*, Paris, 2014

[Lambert 2018] Lambert E., Bellec J-L., , Itié E., Boust C., « Images fausses couleurs, » in *Scientific imaging for cultural heritage / Images scientifiques pour le patrimoine*, ISSN 2609-780X, 06/11/2018, <https://copa.hypotheses.org/?p=1204>.

[Maigret 2021] Anne Maigret, Sandrine Pagès-Camagna, Yannick Vandenberghe, Clotilde Boust, Thomas Caligaro, Charlotte Hochart, Laurent Pichon, « Le sarcophage des époux, étude et redécouverte de la polychromie », dans F. Gaultier - L. Haumesser (dir.), *Les couleurs des terres cuites céretaines à l'époque archaïque. Les plaques Campana et le sarcophage des Epoux* (Studia caeretana, 3), à paraître en 2021

[Moon 1992] Moon, Thomas & Schilling, Michael & Thirkettle, Sally. (1992). « A Note on the Use of False-Color Infrared Photography in Conservation ». *Studies in Conservation*. 37. 42. 10.2307/1506436.

[Pagès-Camagna 1999] Pagès-Camagna S., Colinart S., Coupry C. (1999). "Fabrication processes of archaeological egyptian blue and green Pigments enlightened by Raman microscopy and scanning electron microscopy". *Journal of Raman Spectroscopy*. 30. 313-317.

[Pagès-Camagna 2006] Pages, Sandrine, Reiche, Ina, Brouder, Christian, Cabaret, Delphine, Rossano, Stephanie, Kanngießer, Birgit, Erko, A.. (2006). "New insights into the colour origin of archaeological Egyptian blue and green by XAFS at the Cu K edge." *X-ray Spectrometry* - 35. 141-145.

[Pagès-Camagna 2010] Pages, Sandrine & Guichard, H.. (2010). « Egyptian colours and pigments in French collections: 30 years of physicochemical analyses on 300 objects. » *Decorated Surfaces on Ancient Egyptian Objects: Technology, Deterioration and Conservation*. 25-31.

[Pagès-Camagna 2010] Pagès-Camagna S. "Terracottas and colour." In: Jeammet V, editor. *Tanagra: figurines for life and eternity: the Musée du Louvre's collection of Greek figurines*. Valencia: Fundación Bancaja; 2010. p. 250–1.

[Pagès-Camagna 2014] Pagès Sandrine, Laugier Ludovic, Maigret Anne, Lambert Elsa, Verri Giovanni « La Victoire sous l'œil des scientifiques » dans "*La Victoire de Samothrace : redécouvrir un chef-d'œuvre*", coédition Musée du Louvre - Somogy, Paris, 2014

[PilinA 2013] Site internet du projet Patrima PilinA : *Pratiques artisanales de la couleur sur les figurines en terre cuite dans le monde grec*, C2RMF/Louvre/UPMC, consulté le 8/10/2020, <http://www.sciences-patrimoine.org/projet/pilina/>

[PSL 2020] « Villa de Diomède, Pompéi : la fabrique d'une villa romaine », Focus du site internet PSL, consulté le 8/10/2020, <https://explore.psl.eu/fr/decouvrir/focus/villa-de-dio-mede-pompei-la-fabrique-dune-villa-romaine>

[Verri 2009] Verri G. "The application of visible-induced luminescence imaging to the examination of museum objects." In: Pezzati L, Salimbeni R, editors. Munich: SPIE; 2009. p. 739105–12.