

Quand l'imagerie accompagne la restauration d'œuvres picturales : le cas Soulages

**Mathieu HÉBERT^{1,*}, Lionel SIMONOT², Benjamin BRINGIER³,
Mathieu THOURY⁴, Pauline HÉLOU-DE LA GRANDIÈRE⁵**

¹ Institut d'Optique Graduate School et Université Jean Monnet Saint-Étienne, UMR 5516 Laboratoire Hubert Curien, 18 rue Benoît Lauras, 42000 Saint-Étienne

² Université de Poitiers, UPR 3346 Institut Pprime, 2 Bd des Frères Lumière, 86360 Chasseneuil-du-Poitou

³ Université de Poitiers, UMR 7252 Institut Xlim, Bât. H1, 11 Bd Marie et Pierre Curie, 86362 Futuroscope Chasseneuil Cedex

⁴ CNRS, Laboratoire Institut Photonique d'Analyse Non-destructive Européen des Matériaux Anciens (IPANEMA), Site du Synchrotron SOLEIL, BP48 Saint-Aubin, 91192 Gif-sur-Yvette.

⁵ CY Cergy université, UMR 9022 Héritages : Culture/s, Patrimoine/s, Création/s, 33 boulevard du Port, 95011 Cergy-Pontoise Cedex

* mathieu.hebert@institutoptique.fr



Enregistrer l'apparence des œuvres d'art moderne est un enjeu majeur car celle-ci évolue dans le temps, et un défi qui exige le développement de nouveaux principes d'imagerie ou d'adapter les principes existants car la couleur n'est pas le seul attribut visuel exploité par les peintres : le brillant, le relief, la texture jouent aussi un rôle essentiel, en témoigne l'analyse en mars 2023 d'une toile de Pierre Soulages.

<https://doi.org/10.1051/photom/20412426>

Article publié en accès libre sous les conditions définies par la licence Creative Commons Attribution License CC-BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), qui autorise sans restrictions l'utilisation, la diffusion, et la reproduction sur quelque support que ce soit, sous réserve de citation correcte de la publication originale.

Voilà un phénomène auquel on pense peu lorsqu'on revisite un musée : l'œuvre qu'on regarde n'est pas tout à fait la même que celle que l'on avait déjà appréciée quelques années plus tôt. La mémoire visuelle n'étant pas suffisante pour comparer de si faibles changements à deux moments temporellement éloignés, nos sens se laissent principalement impressionner par la capacité de ces œuvres à traverser les âges. Pourtant, les matériaux évoluent.

La vitesse et l'extension de ces variations sont particulièrement suivies par les restaurateurs qui contrôlent l'état de conservation des œuvres et interviennent quand cela s'avère nécessaire pour freiner les dégradations dont les symptômes sont notables - des opérations peu connues du grand public sauf dans de rares cas médiatisés, qui nécessitent cependant une grande expertise et une bonne connaissance des œuvres afin de restituer au mieux leur apparence d'origine.

Pour accompagner ces actions délicates, les sciences de la lumière prennent peu à peu leur place aux côtés des sciences de la matière. D'un côté, il aura fallu du temps aux scientifiques et savants pour réaliser que c'est bien la lumière, sa distribution spectrale, spatiale et angulaire, qui véhicule le signal que notre cerveau analyse comme objet pourvoyeur d'émotions. D'un autre côté, les technologies photoniques, en particulier les techniques d'imagerie,

connaissent un essor fulgurant pour caractériser *in situ* les matériaux d'artistes. Néanmoins, ces approches sont encore peu utilisées pour le suivi des œuvres. Leur potentiel est grand car elles permettent un enregistrement spatialisé et quantifié des propriétés optiques de tout ou partie des œuvres. Aussi, elles peuvent être des outils extrêmement utiles pour assister les conservateurs-restaurateurs dans leurs missions, et suscitent de grandes attentes, non seulement pour diagnostiquer des dégradations, mais aussi simplement pour documenter l'apparence de l'œuvre à un instant donné – information précieuse pour son suivi dans le temps long.

Numériser une peinture moderne : un défi

Même si la notion de restauration évoque en premier lieu les actions menées sur des œuvres anciennes, la peinture moderne révèle aussi de nouvelles typologies de problèmes à résoudre. A partir de la fin du XIX^e siècle, les peintres ont cessé de vernir leurs toiles pour donner à voir des variations de brillances, qui les rendent cependant plus vulnérables aux agressions extérieures et aux dégradations. Ils ont aussi diversifié les techniques, les matériaux, les formats, et les phénomènes optiques employés pour « faire image ». La couleur, qui était quasiment le seul attribut visuel exploité par les peintres classiques, est dès lors accompagnée d'effets de relief et de brillant bien plus difficiles à quantifier.

Pierre Soulages (1919-2022) est un exemple emblématique de ces évolutions. Sa technique picturale, qui n'a cessé d'évoluer au cours de ses 80 années de carrière, a pris un tournant révolutionnaire à partir de 1979 lorsqu'il crée les « Outrenoirs », excluant la couleur comme principe de lecture de l'œuvre au profit exclusif du brillant et du volume de la matière.



Figure 1. Peinture 202 × 129,5 cm, 15 décembre 1959 (Les Abattoirs, Musée - Frac Occitanie à Toulouse) À gauche : toile entière. À droite : un détail présentant des zones matifiées, détournées par Pauline Hélou-de La Grandière.

Deux décennies auparavant, il appliquait de la peinture à l'huile noire sur fond blanc ou partiellement coloré, comme dans *Peinture 202 × 129,5 cm, 15 décembre 1959* conservée dans les réserves des Abattoirs, Musée - Frac Occitanie à Toulouse, reproduite en Fig. 1. Cette peinture présente des décollements et des ramollissements de matière qui exigent un suivi régulier et parfois des interventions de restauration. Consigner l'apparence de l'œuvre aussi précisément que possible est d'autant plus nécessaire et urgent que les évolutions chimiques de la matière, et donc les changements de formes et d'apparence, ont une cinétique rapide, notables d'une année sur l'autre. Mais cela représente un défi qu'aucun outil d'imagerie classique n'est apte à relever. Exit l'imagerie en couleur ou spectrale qui ont tant occupé les scientifiques du patrimoine ces quinze dernières années : la couleur est un noir bien noir ! L'information utile ne peut donc provenir que d'autres technologies innovantes permettant d'enregistrer brillant, relief, et états de la matière.



Une combinaison de trois techniques d'imagerie

Pauline Hélou de La Grandière, restauratrice et spécialiste de l'œuvre de Pierre Soulages, s'intéresse aux techniques permettant d'augmenter le contrôle et l'examen des œuvres de Soulages dans le cadre de son doctorat à CY Cergy Paris université, UMR Héritages, encadrée par Mathieu Thoury du CNRS et de Lionel Simonot de l'université de Poitiers. L'assistance par imagerie est un des points essentiels de ses recherches : l'objectif est de tester le potentiel de technologies innovantes à fournir un contrôle sur les processus de dégradation en cours et une information quantitative sur le résultat de ses interventions. Elle a retenu trois techniques en particulier : **l'imagerie en relief**, qui se développe depuis une vingtaine d'années ; **l'imagerie de brillant**, qui n'existait pas et dont la réalisation du tout premier prototype est esquissée ici ; et **l'imagerie de luminescence**, ●●●

connue depuis longtemps pour son aptitude à révéler des changements d'état de la matière mais dont le potentiel reste encore largement à exploiter. Ces trois techniques ont été mises en œuvre en mars 2023 lors d'une expérimentation au musée sur *Peinture 202 × 129,5 cm, 15 décembre 1959*, financée par l'Université de Poitiers à travers un projet PEP4 « nuit-NOIRoES ».

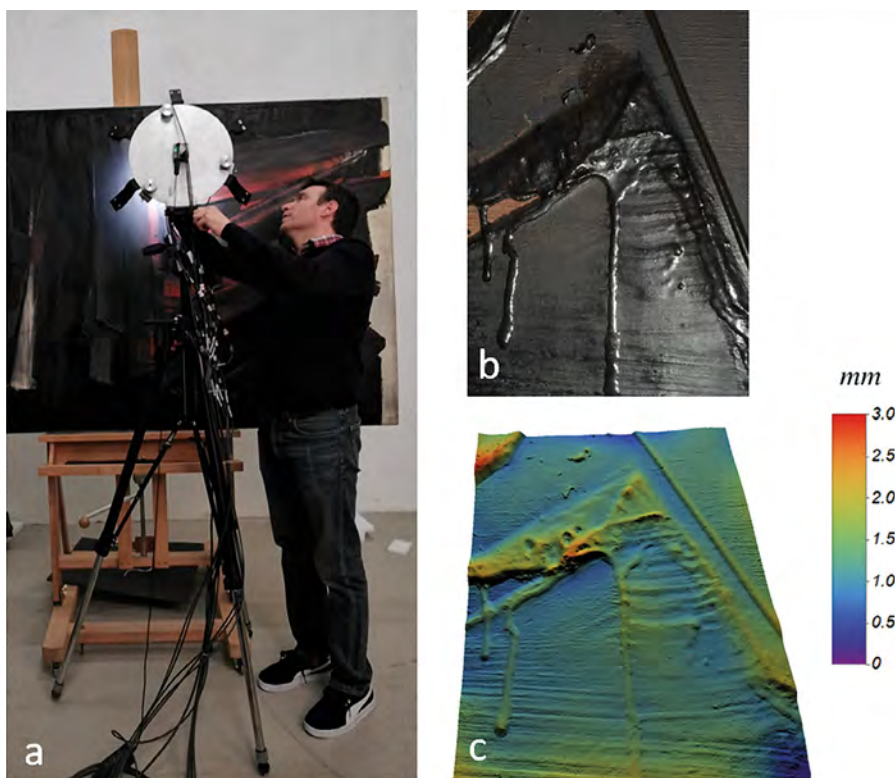
L'imageur de microtopographie utilisé est un système développé par Benjamin Bringier à l'Institut Xlim à Poitiers (Fig. 2). Il se base sur les principes de la stéréo-photométrie et permet d'analyser une zone de 10 × 15 cm, éclairée successivement par 11 sources quasi-ponctuelles réparties sur deux disques. Une image HDR (*High Dynamic Range*) en couleur est acquise sous l'éclairage de chaque source. Un post-traitement informatique qui utilise une analyse par réseau de neurones et des mesures de BRDF (*Bi-directional Reflectance Distribution*

Function) permet d'obtenir une carte des normales de la surface à partir des onze images HDR acquises. La topologie 2.5D à une résolution de 70 μm est obtenue par intégration numérique 2D (voir exemple Fig. 2c sur une zone montrée Fig. 2b). La partie diffuse de l'apparence est estimée grâce aux images HDR et à la carte des normales pour simuler une version colorée virtuelle de la surface sous diverses nouvelles géométries d'éclairage.

Concernant le brillant, effet visuel majeur dans l'œuvre de Pierre Soulages qui a tendance à évoluer par endroit sur certains tableaux, il n'existe à ce jour aucun dispositif permettant de le mesurer en chaque point sur une grande étendue, ni même de l'estimer. L'instrument de mesure le plus répandu aujourd'hui, le brillancemètre ou glossmeter, se focalise sur le « brillant spéculaire », qui se mesure en *gloss units* (GU) comme la quantité de lumière réfléchiée dans un petit cône autour de la direction spéculaire quand

la surface est éclairée par un faisceau collimaté à incidence de 60°. La quantité de lumière mesurée est maximale sur une surface polie miroir et quasi nulle sur une surface très mate. Des expériences psychophysiques ont permis d'établir une courbe de correspondance (bijective mais non linéaire) entre ces valeurs en GU et le brillant perçu par des observateurs humains. Le brillancemètre présente cependant des inconvénients empêchant son usage pour l'analyse d'œuvres peintes : l'instrument doit être placé en contact avec la surface, ce qui est impossible sur une œuvre fragile ; la mesure donne une valeur moyenne sur 1 cm² environ, ce qui représente une résolution spatiale beaucoup trop grossière ; et enfin, il donne des valeurs erronées sur des surfaces courbées, et donc *a fortiori* sur les œuvres de Soulages qui contiennent des empâtements. Pour pallier ces inconvénients, un prototype de scanner de brillant (Fig. 3a) a été conçu par Mathieu Hébert à l'Institut d'Optique et au laboratoire Hubert Curien à Saint-Etienne. Le dispositif est basé sur une caméra vidéo fixe et une source lumineuse ponctuelle mobile : la caméra enregistre en chaque pixel la variation de luminance réfléchiée liée au déplacement de la source. De l'allure du signal temporel en chaque pixel est déduit un score physique, que l'on transforme en valeur de brillant spéculaire (en GU) grâce à un étalonnage sur un nuancier de surfaces noires dont le brillant spéculaire est connu. On obtient ainsi une carte de brillant, correspondant à une aire de 20 cm de côté environ, comme montrée en Fig. 3c. L'exemple donné ici montre à quel point la photographie peine à rendre la brillance d'une surface : les reflets dépendent des conditions particulières d'éclairage sous lesquelles la photographie a été prise, invisible dans l'image, alors que la perception du brillant nécessite en général un mouvement de la surface, de l'observateur, ou de la source. Les bandes verticales sont en effet beaucoup plus brillantes que les zones environnantes (valeurs élevées de

Figure 2. a) Imageur en relief en cours d'installation devant l'œuvre de Soulages. **b)** Photographie d'une des zones observées, et **c)** topologie 2.5D de cette zone issue de l'imageur en relief.



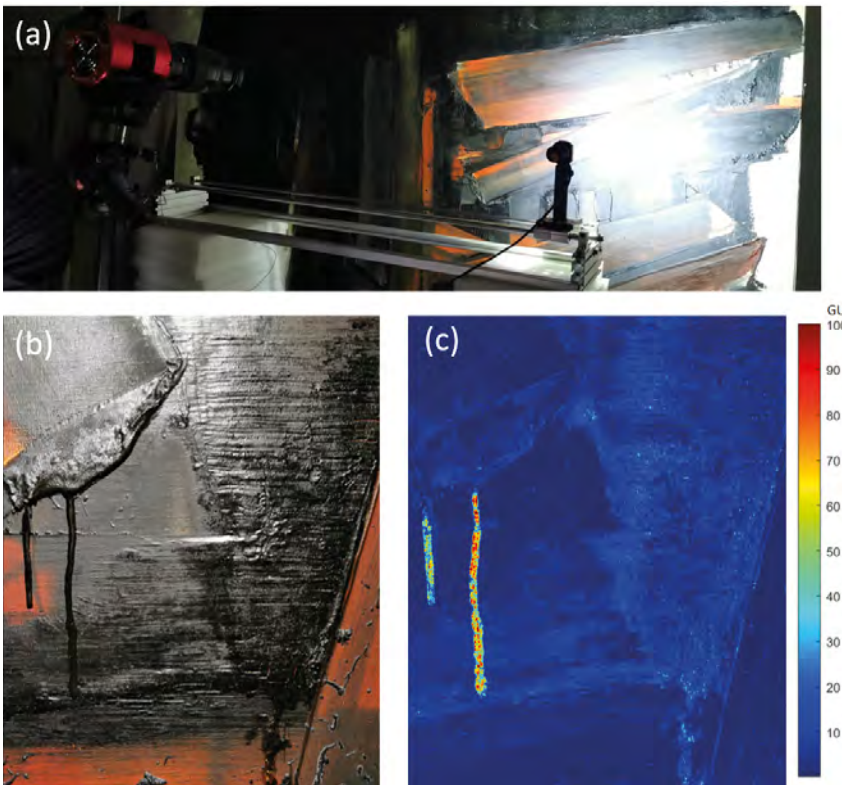


Figure 3. a) Imageur de brillant en cours de mesure ; la source ponctuelle, à droite, est placée sur un rail et se déplace en ligne droite. b) Photographie couleur d'une zone observée et c) carte de brillant spéculaire de cette zone.

brillant spéculaire en GU indiquées par des points jaunes à rouges), contrairement à ce que la photographie en couleur tend à laisser penser.

L'imageur multispectral de luminescence est un prototype développé par Mathieu Thoury au laboratoire IPANEMA localisé sur le site du synchrotron SOLEIL. Il consiste à éclairer l'œuvre de manière spatialement homogène avec diverses sources spectralement définies

dont l'émission peut s'étendre de l'ultra-violet au proche infrarouge, et d'enregistrer des images à niveaux de gris dans des bandes spectrales elle aussi définies, de l'UV au proche IR. Ce « découpage spectral » offre une certaine versatilité d'analyse pour identifier la contribution de matériaux spécifiques au sein de mélanges ou discriminer différents états de la matière dans une œuvre. En assignant à trois images de fausses couleurs ●●●

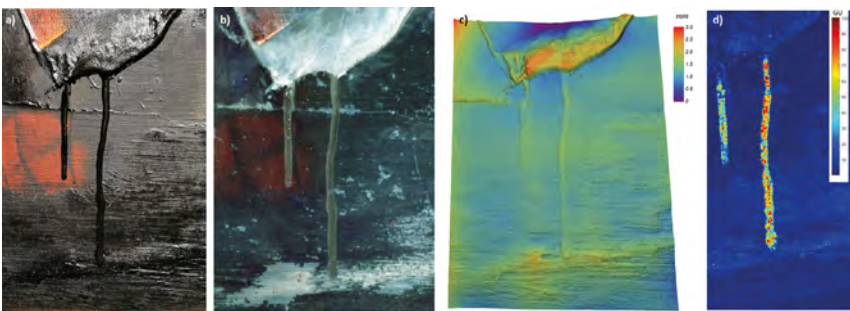


Figure 4. a) Photographie en couleur, b) image en fluorescence, c) image en relief et d) carte de brillant de la zone de l'œuvre.

power.

Power boost for all wavelengths



ALS-VIS Fiber Lasers & Amplifiers

**Industrial grade performances
for highly demanding applications**

- High power up to 10 W
- Ultra-low intensity noise
- High pointing and beam quality stability
- Turnkey, maintenance free, reliable systems



TOPTICA

rouge, verte et bleue et en les superposant, on crée une première visualisation des variations de composition chimique de la peinture. Dans ce cas précis, les pigments noirs utilisés par l'artiste n'étant pas luminescents, cela permet d'exacerber les hétérogénéités chimiques du liant dont on cherche précisément à comprendre l'évolution. Un exemple d'image en fausses couleurs est montré Fig. 4b, correspondant à des excitations de 708 ± 37 nm (canal rouge), 571 ± 36 nm (canal vert) et 472 ± 15 nm (canal bleu). Les zones les plus lumineuses, correspondant aux couleurs claires dans l'image, correspondent aux résidus d'un vernis partiellement supprimé au cours d'une restauration antérieure, et aux zones contenant davantage de liant dégradé.

Évaluer l'impact d'un acte de restauration

Durant l'étude, les trois systèmes d'imagerie ont été utilisés sur certaines mêmes zones de l'œuvre, permettant ainsi de révéler des informations relatives à la composition chimique, le relief ou le brillant de la peinture (Fig. 4). L'interprétation des images en termes d'éventuelles anomalies dues à des dégradations ou à un vieillissement relève du travail des restaurateurs, et ne peut se faire qu'à la lumière de leur connaissance des matériaux et de la technique du peintre – c'est en partie l'objet des recherches en cours de Pauline Hérou-de La Grandière. Procéder à des acquisitions similaires au cours du temps, à intervalle régulier, présenterait pour elle un très grand intérêt pour observer les processus dynamiques de dégradation, ce qui n'a jamais été entrepris jusqu'ici. S'ajoutant à ce contrôle, durant la campagne de mesures de mars 2023, des acquisitions de relief ont été faites avant et après un refixage sur des parties où la peinture présentait des soulèvements (Fig. 5, colonne de gauche), permettant à la restauratrice d'observer la qualité

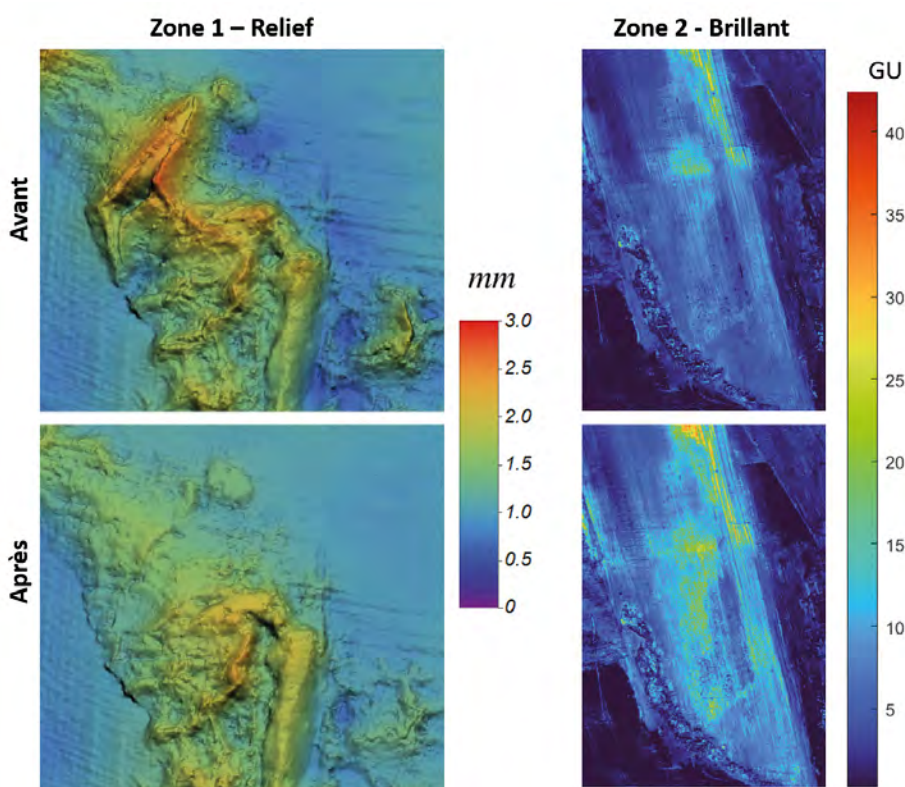


Figure 5. Acquisitions réalisées sur deux zones avant et après restauration. Colonne de gauche : images en relief sur une zone présentant un décollement de la couche picturale. Colonne de droite : cartes de brillant sur une zone dépolvoisée.

de recollement, ainsi que la préservation des zones non atteintes par ces soulèvements. Une autre zone où un dépolvoilage a été entrepris voit son brillant augmenter légèrement, conformément aux attentes, sans non plus révéler d'effet de lustrage tant redouté par les restaurateurs (Fig. 5 colonne de droite).

Un projet en devenir

Si le champ applicatif de ces dispositifs d'imagerie dépasse de loin le simple domaine du patrimoine artistique, leur mise à l'épreuve sur les peintures de Pierre Soulages met en valeur des spécificités importantes. Cartographier l'hétérogénéité topographique, chimique et d'apparence visuelle de manière quantitative et sans contact avec une haute définition est un facteur clé pour permettre le suivi des œuvres. Les informations données par ces trois imageurs étant

de natures très complémentaires, leur intercomparaison fine à travers une fusion des images est la prochaine étape, moyennant un recalage précis corrigeant les largeurs de champs et angles de vue légèrement différents. Un mode de représentation de données fusionnées dans une seule image, ou bien des algorithmes de segmentation pourront être entrepris. La campagne de mesures de mars 2023 constitue un premier pas dans cette direction, que la chaire « Soulages et la lumière » en cours de création, portée par la Fondation Paris-Saclay et la Fondation Université Jean Monnet, devrait permettre d'explorer pleinement avec plusieurs thèses (analyse optique des peintures, bien sûr, mais aussi des vitraux) et un volet de médiation scientifique. Nous espérons revenir dans quelques années rendre compte de ces recherches interdisciplinaires autour d'œuvres uniques et inspirantes de l'artiste. ●